



PCP Agroforesterie Cameroun

Pôle de compétences en partenariat

Faits scientifiques marquants : 2010 – 2016 ¹

A partir des contributions de

Régis Babin, Leïla Bagny Beilhe, Lucien Bidzanga, Patrick Jagoret, Stéphane Saj, Martijn ten Hoopen, Philippe Pedelahore, Isabelle Michel, Marie-Louise Avana, Emmanuel Youmbi et Olivier Sounigo

Rédacteur : Jean-Michel Harmand

Complément au document : « Bilan 2010-2014 Perspectives »

Février 2017



¹ NB : Toutes les références fournies dans ce rapport proviennent des travaux réalisés dans le cadre ou en collaboration avec le DP Agroforesterie Cameroun.

Plan du Rapport

1. Introduction (page 3)
2. Présentation de travaux du Thème 1 : Caractériser les dynamiques spatio-temporelles des systèmes agroforestiers et leurs impacts sur les écosystèmes ainsi que les déterminants historiques et socioéconomiques de leur création, maintien et évolution (page 4)
3. Présentation de travaux du Thème 2 : Evaluer la place et les fonctions des SAF dans les stratégies des ménages et leurs impact sur l'économie des ménages (page 8)
4. Présentation de travaux du Thème 3 : Evaluer les produits et services des systèmes agroforestiers à différentes échelles de temps et d'espace (page 9)
 - 4.1. Etude de la durabilité des SAF à base de cacaoyers au Centre Cameroun (page 10)
 - 4.2. Le stockage de carbone dans la biomasse arborée et dans le sol des SAF à base de cacaoyers au Centre Cameroun (page 11)
 - 4.3. La conservation de la diversité arborée dans les SAF cacaoyers (page 11)
 - 4.4. Production cacaoyère en relation avec l'âge, la composition et la structure des SAF (page 11)
 - 4.5. Rôle des espèces associées au cacaoyer dans la fertilité du sol (page 12)
 - 4.6. Régulation des bioagresseurs des cultures pérennes (page 13)
 461. Cas des mirides du cacaoyer (page 13)
 462. Cas de la pourriture brune du cacaoyer (page 16)
5. Thème 4 : Exploiter les processus écologiques pour augmenter la production globale des systèmes en fonction de leurs potentialités et des contraintes des ménages (page 18)
 - 5.1. Amélioration des méthodes de lutte contre les mirides du cacaoyer (page 18)
 - 5.2. Voies biologiques de contrôle de la pourriture brune du cacaoyer (page 18)
 - 5.3. Création de matériel végétal amélioré (page 21)
 - 5.4. Analyse des usages des espèces associées au cacaoyer (page 22)
 - 5.5. Gestion du peuplement cacaoyer (page 23)
 - 5.6. Trajectoires agronomiques (page 23)
 - 5.7. Mise en place et évaluation de systèmes de culture sur savane et jachère, visant à maximiser les services de production (page 24)
6. Thème 5 : Améliorer les liens entre la gestion durable des systèmes agroforestiers et l'accroissement des revenus des agriculteurs à travers leur intégration dans les marchés nationaux et internationaux des PSE (page 25)
7. Conclusion (page 25)
8. Références bibliographiques (page 26)

Faits scientifiques marquants pour la période 2010-2015

1. Introduction

Le DP « PCP Agroforesterie » Cameroun est une plate-forme de recherche pour le développement de systèmes agroforestiers (SAF) durables et performants en Afrique. Son objectif est de contribuer à l'amélioration des conditions de vie des populations rurales du Cameroun.

Un cadre de propositions a permis, au cours de la période 2011-2015, à différentes équipes de chercheurs de conduire un éventail de recherches sur les SAF, principalement à base de cacaoyers. Cinq thèmes de recherche ont été retenus avec comme résultats attendus :

Thème 1 : Caractériser les dynamiques spatio-temporelles des systèmes agroforestiers et leurs impacts sur les écosystèmes ainsi que les déterminants historiques, agroécologiques et socioéconomiques de leur création, maintien et évolution.

Thème 2 : Evaluer la place et les fonctions des SAF dans les stratégies des ménages et leurs impact sur l'économie des ménages.

Thème 3 : Evaluer les produits et services des SAF à différentes échelles de temps et d'espace.

Thème 4 : Exploiter les processus écologiques pour améliorer le fonctionnement et augmenter la productivité des SAF en fonction des contraintes et des potentialités.

Thème 5 : Améliorer les liens entre la gestion durable des SAF et l'accroissement des revenus des agriculteurs à travers leur intégration dans les marchés nationaux et internationaux de produits et de services environnementaux.

Ces cinq thèmes correspondent à des activités à différentes échelles : le thème 1 opère à l'échelle des territoires et paysage, le thème 2 se place au niveau de l'exploitation agricole, le thème 3 opère de l'échelle parcelle à celle du paysage. Le thème 4 opère également à l'échelle de la parcelle et le thème 5 prend en compte l'ensemble des acteurs des filières. Ce cadre de propositions permet à différentes équipes de chercheurs de conduire un éventail de recherches sur les systèmes agroforestiers.

Les études conduites au cours de la période considérée (2011-2015) ont essentiellement porté sur les thématiques 2, 3 et 4. Un accent important a été mis sur les SAF à base de cacaoyers et dans une moindre mesure sur les SAF à base de caféiers.

Au Cameroun, le cacao est cultivé dans toute la zone sud du pays. On constate un fort engouement pour cette spéculation, depuis une dizaine d'année, favorisé par la hausse du prix d'achat, surtout depuis 2010. La cacaoculture camerounaise est largement basée sur les systèmes agroforestiers, en général diversifiés, avec l'utilisation de cultures annuelles (au jeune âge de la plantation) et des espèces pérennes (fruitières et forestières) durant la vie entière de la parcelle cacaoyère. La cacaoculture camerounaise est soumise à des contraintes diverses selon les régions où elle est pratiquée (fertilité des sols, pression parasitaire, conditions climatiques...).

Les systèmes agroforestiers complexes constituent l'essentiel du verger cacaoyer de la Région Centre, un des principaux bassins de production de cacao au Cameroun où se sont déroulées la plus grande partie des études. Des études ont été menées sur la dynamique de ces systèmes et de leur typologie liées à l'expansion récente de la cacaoculture. D'autres travaux se sont inscrits dans une démarche de compréhension du fonctionnement des systèmes de culture pour améliorer les pratiques des agriculteurs ou en concevoir de nouvelles. Ces recherches ont été basées à la fois sur des enquêtes en milieu paysan et des observations in situ en particulier pour apprécier la structure des peuplements et les services de production et de stockage de carbone. Les travaux ont porté sur une gamme de

cacaoyères d'âge différent (chronoséquences), et sur une diversité d'agriculteurs situés aussi à des étapes différentes de leur vie, l'ensemble représentant une diversité de situations agricoles. Des travaux importants ont porté sur la régulation et le contrôle biologique d'un ravageur (mirides) et d'une maladie (pourriture brune), deux facteurs limitants majeurs de la production cacaoyère. De nouveaux systèmes cacaoyers simplifiés et plus intensifs ont également été mis en place en milieu paysan afin d'évaluer leurs performances.

2. Présentation de travaux du Thème 1 : Caractériser les dynamiques spatio-temporelles des systèmes agroforestiers et leurs impacts sur les écosystèmes ainsi que les déterminants historiques, agroécologiques et socioéconomiques de leur création, maintien et évolution

Les études ont porté sur l'analyse des déterminants qui contribuent à la dynamique des SAF en considérant la diversité des objectifs des agriculteurs, et les fonctions qu'ils attribuent aux SAF. Une étude des types de SAF mis en place par les agriculteurs complète cette analyse.

Les études conduites par Pedelahore (2012, 2014a, 2014b) ont mis en évidence la transition capitaliste des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers au Cameroun. Selon les résumés de l'auteur : *La production cacaoyère camerounaise est issue de systèmes agroforestiers complexes. Après une longue période de stagnation entre 1963 et 1993, cette production a doublé entre 1993 et 2013 pour atteindre plus de 230 000 tonnes de fèves aujourd'hui. Quels sont les exploitants agricoles qui portent ces dynamiques d'accroissement de la production cacaoyère ? Sur quels moyens de production et stratégies se sont-ils appuyés pour parvenir à relancer cette filière et à en doubler la production sur une aussi courte période ? Pour contribuer à apporter des éléments de réponse à ces questions, des entretiens semi-directifs ont été conduits auprès de 82 planteurs représentatifs de la diversité du principal bassin de production, dans la région Centre.*

L'analyse des trajectoires montre que si l'accumulation en surfaces cacaoyères est de quelques hectares pour les deux premières générations de planteurs, la génération actuelle conduit depuis trente ans, surtout dans les zones de fronts pionniers, des processus d'accumulation pouvant atteindre plusieurs dizaines d'hectares. Ces planteurs d'un genre nouveau investissent d'importants volumes de capitaux financiers d'origine urbaine dans la création de grandes plantations dans les zones de fronts pionniers. La mobilité spatiale, vers les fronts pionniers ou vers la ville, et la mobilité professionnelle, qui permet de mêler activités agricoles et non agricoles, apparaissent ainsi comme les stratégies les plus performantes pour accumuler d'importantes surfaces cacaoyères. Ces stratégies conduisent au développement de grandes exploitations cacaoyères patronales ou capitalistes qui renforcent les processus de marchandisation de la terre et de la force de travail. Ces grandes exploitations entrent en concurrence pour l'accès au foncier avec les petites exploitations familiales et conduisent à une prolétarianisation d'une partie des agriculteurs les plus pauvres.

En raison de l'afflux de capitaux financiers et de l'adoption de techniques agricoles améliorées, ces grandes exploitations (de 5 à 30 ha) réalisent des rendements en cacao déclarés beaucoup plus élevés (512 kg / ha) que les exploitations plus petites (2 ha, 214 kg / ha) ou moyennes (2-5 ha, 338 kg / ha). Néanmoins, les rendements de cacao plus élevés obtenus par ces grandes exploitations ne se traduisent pas nécessairement par une augmentation durable de la productivité globale (cacao et autres produits) ou de celle du travail.

Ces résultats incitent à analyser l'évolution de ces systèmes agroforestiers en portant une plus grande attention qu'auparavant aux interactions entre les différentes formes de production (familiale, patronale, capitaliste) et entre les trajectoires d'accumulation en capital qui se développent en milieu rural et en milieu urbain.

Ces résultats incitent également à développer des politiques de recherche moins centrées sur l'amélioration des pratiques techniques et des rendements et plus attentives à la mobilité de la force de travail et des capitaux financiers entre les différents secteurs de l'économie nationale et du territoire.

Ils invitent aussi L'Etat à ne pas abandonner au seul jeu du marché la gestion et le devenir des hommes et des territoires.

Par ailleurs au cours de la période 2010-2015, les effets des changements d'acteurs et de leurs stratégies sur la dynamique spatiale et la structure des systèmes agroforestiers cacaoyers ont été analysés dans le cadre du projet SAFSE. Dans le contexte de la reprise cacaoyère au Cameroun depuis plus d'une dizaine d'années, l'objectif de ces travaux était d'identifier, dans la continuité des travaux conduits par Jagoret (2011) et Pedelahore (2012, 2014a, 2014b), les dynamiques actuelles des systèmes du point de vue de leurs composition, structures selon les zones géographiques et les types d'acteurs en jeu.

Ces travaux se sont focalisés dans les régions du Sud-Ouest, Centre et du Sud du Cameroun, bassins de production de cacao les plus anciens du pays (Fig. 1). Entre zone agricole très peuplée à proximité de Yaoundé, et front pionnier forestier lié à la construction d'une route à travers la forêt au sud-est, une grande diversité de situations existe, avec toute une gamme de situations intermédiaires. Des stratégies économiques contrastées sont constatées, ainsi que des mouvements de populations, allant de l'exode des jeunes ruraux d'un côté, à la migration vers des fronts pionniers de l'autre et des investissements massifs des élites urbanisées dans la cacaoculture.

Une analyse comparée de 5 sites contrastés (Kwa-Kwa, Akongo, Obala, Talba et Mintom) (Figure 1) a été réalisée avec pour chacun des sites une analyse, portant sur 3 échelles en interaction.

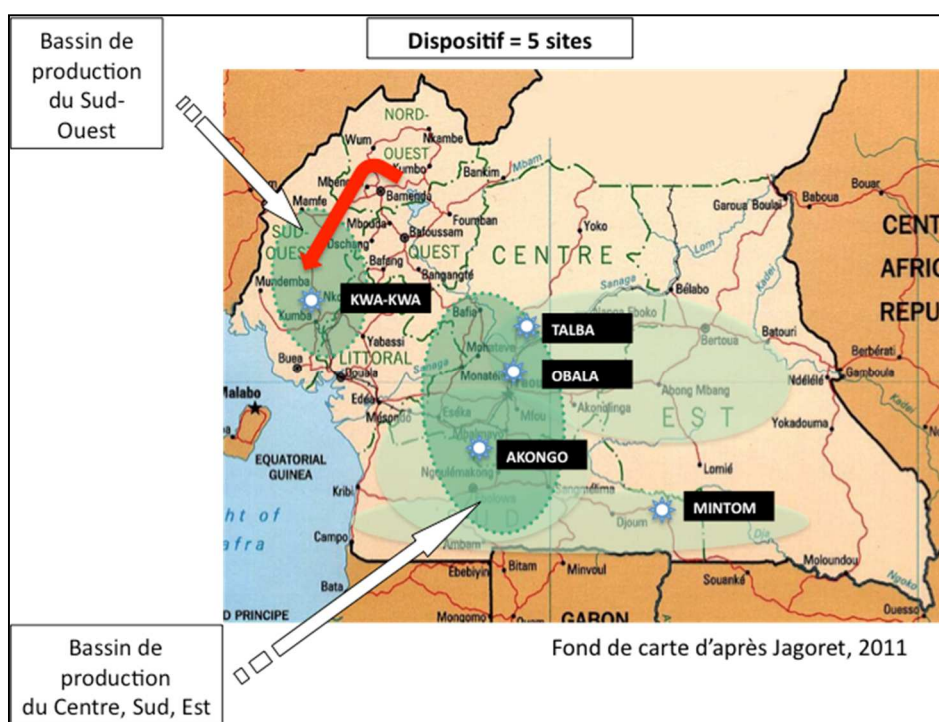


Figure 1 : Sites d'étude de la dynamique des systèmes agroforestiers

A l'échelle des territoires villageois, des entretiens auprès de différentes personnes ressources ont permis de cerner les évolutions historiques spécifiques, les dynamiques en cours et les principaux facteurs déterminants. A l'échelle des exploitations, des entretiens ont permis d'analyser les stratégies et les pratiques cacaoyères des agriculteurs. A l'échelle des cacaoyères, les mesures réalisées pour caractériser les structures et les compositions spécifiques, ont été mises en lien avec les pratiques des agriculteurs et les performances des cacaoyères.

Une typologie des différents agriculteurs a été mise en évidence, et 9 types d'agriculteurs bien différenciés ont été identifiés, allant des agriculteurs « traditionnels » (Cacao Farm Actif) aux

agriculteurs « capitalistes » (Petit investisseur et Gros investisseur), en passant par des métayers ou des locataires (Fig. 2).

Akongo (département du Nyong et So'o) se trouve dans une zone encore relativement enclavée, où des espaces forestiers restent disponibles. L'agriculture familiale domine, constituée essentiellement d'héritiers, jeunes ou moins jeunes, qui après quelques années de migration en ville, viennent reprendre les anciennes cacaoyères familiales délaissées. Selon les types d'agriculteurs, les reprises sont l'occasion de simplifier les structures des anciennes cacaoyères. Celles-ci restent malgré tout majoritairement multistrates, avec une composante fruitière relativement faible. En fonction des 3 types de cacaoyères, la densité des arbres associés est ainsi inférieure à 50 arbres par hectare dans les anciennes cacaoyères réhabilitées, et oscille autour de 150 arbres par hectare dans les cacaoyères anciennes non modifiées et dans les cacaoyères récentes après défriche (Manga Essouma, 2013).

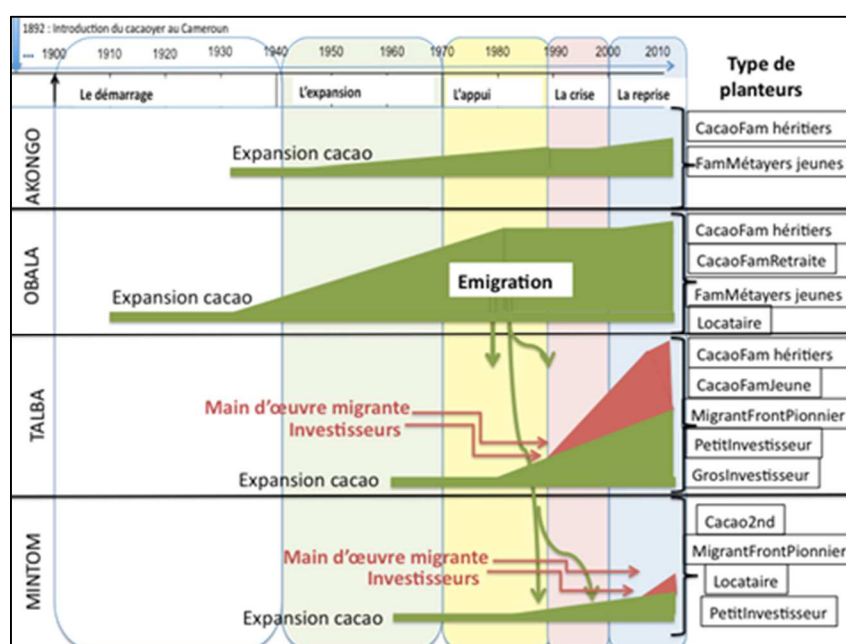


Figure 2 : Typologies d'agriculteurs par zone d'étude et dynamiques cacaoyères de 1900 à nos jours.

Obala (département de la Lékié), en zone péri-urbaine de Yaoundé, présente une forte saturation foncière liée à une densité de population élevée (> 100 habitants/km²) qui bloque les dynamiques cacaoyères. Les cacaoyères sont anciennes, essentiellement aux mains d'agriculteurs héritiers âgés, qui les reprennent à l'occasion de leur retraite. Connaissant des phases alternant abandon et reprise, ces cacaoyères conservent cependant une structure relativement complexe, avec une composante fruitière forte parmi les arbres associés. La densité des arbres associés aux cacaoyers varie de 180 à 120 arbres par hectare. Ce site constitue une zone d'émigration pour les jeunes à la recherche d'espaces pour implanter de nouvelles cacaoyères (Moisy, 2013).

Talba (département du Mbam et Kim), zone de front pionnier depuis les années 1980, présente les situations les plus diversifiées. En effet, malgré sa relative proximité de Yaoundé, la zone n'a été désenclavée qu'après les années 1980 avec la construction du Pont de l'Enfance sur la Sanaga. Dès lors, les populations autochtones encore peu nombreuses ont vu arriver un flux continu de migrants venant notamment du site d'Obala (région de la Lékié), mais aussi d'investisseurs urbains. Cette diversité d'acteurs est à l'origine d'une diversité de systèmes cacaoyers, allant de moyennement complexes à une quasi monoculture (< 20 arbres d'ombrage par hectare). Ces derniers systèmes sont essentiellement le fait d'élites locales et urbaines. Pour les autres, les peuplements associés sont

essentiellement des arbres forestiers dont la densité oscille entre 40 et 60 arbres par hectare (Ngono, 2013).

Mintom (département du Dja et Lobo) est situé au sud de la réserve du Dja. C'est un front pionnier relativement récent, connaissant actuellement un regain de développement à la faveur de la construction de la route bitumée reliant Ouessou (Congo) et Sangmelima (Cameroun). Peu accessible et peu peuplée, la zone faisait essentiellement l'objet d'activités de chasse et de cueillette, en plus d'une agriculture vivrière et de vieilles cacaoyères implantées du temps des administrations coloniales, et délaissées à la fin des années 1980. La majorité des cacaoyères observées sont de structure complexe multi-strate, à composante forestière forte, et aux rendements en cacao peu élevés. Mais si les agriculteurs autochtones continuent de les exploiter sans traitements pesticides et avec un minimum de travail, les migrants originaires du vieux bassin de production cacaoyer de la région Centre investissent des intrants et du travail dans des cacaoyères nouvellement implantées, obtenant des rendements en cacao supérieurs aux cacaoyères traditionnelles. D'autres migrants originaires de la région très peuplée du Nord-Ouest, viennent valoriser leur force de travail et leurs savoirs faire auprès des autochtones et montrent qu'il est possible en une saison de relever le niveau de production de vieilles cacaoyères agroforestières délaissées (Blanchet, 2014 ; Bihina, 2014). En fonction du type de cacaoyère, la densité des arbres associés varie de 50 arbres par hectare (cacaoyères nouvellement implantées) à 150 arbres par hectare dans les cacaoyères anciennes.

Kwa-kwa dans le Sud-Ouest connaît une forte pression démographique et foncière, avec l'arrivée continue de migrants venus du Nord-Ouest. Cet afflux ancien et continu de migrants est à l'origine d'exploitations agricoles patronales, employant salariés et métayers. L'extension cacaoyère se poursuit, gagnant les forêts domaniales et les aires protégées. Les cacaoyères mises en place sont de type simplifié, avec une composante fruitière forte.

La typologie des cacaoyères qui se dégage de cette étude est basée sur leur structure de végétation et leur composition spécifique. Trois strates ont été définies : i) la strate cacaoyère, de 1 à 8 m, où se trouvent les peuplements cacaoyers ainsi que quelques jeunes arbres associés fruitiers et forestiers ; ii) la strate intermédiaire, de 8 à 25 m, où se retrouvent principalement les espèces fruitières ainsi que quelques arbres forestiers, essentiellement jeunes ; iii) la strate émergente, de 25m et +, où se retrouvent l'essentiel des arbres forestiers. La figure 3 donne la répartition des cacaoyères selon les valeurs des surfaces terrières (m²/ha) de la strate émergente (axe horizontal) et de la strate intermédiaire (axe vertical).

Les cacaoyères d'Obala se distinguent par l'importance de leur strate intermédiaire, du fait de leur composante fruitière forte ; celles de Mintom par l'importance de leur strate émergente, du fait de leur composante forestière forte. Certaines cacaoyères d'Akongo se rapprochent de celles de Mintom. Les cacaoyères de Talba présentent une strate intermédiaire de très faible importance, du fait de leur faible composante fruitière au contraire de celles de Kwakwa. Dans tous les sites, on retrouve des cacaoyères « simplifiées », cumulant des surfaces terrières faibles pour les 2 strates.

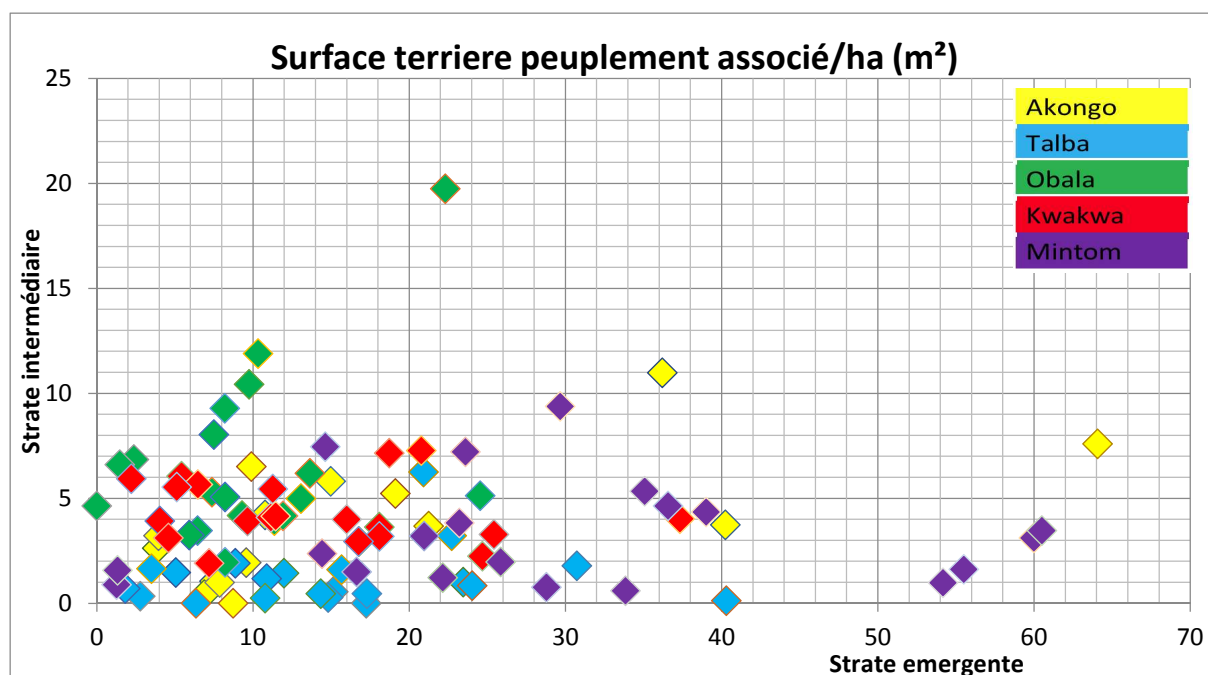


Figure 3 : Surface terrière (m²/hectare) des strates émergentes et intermédiaire dans les cacaoyères du Centre-Sud du Cameroun.

3. Présentation de travaux du Thème 2 : Evaluer la place et les fonctions des SAF dans les stratégies des ménages et leurs impact sur l'économie des ménages

Les études ont porté sur la place des SAF dans les stratégies et l'économie des ménages. Des études ont porté sur leurs relations avec les productions vivrières, et sur les processus d'innovation.

Une étude conduite par Pedelahore et al (2011) visait à resituer l'adoption des propositions techniques de la recherche dans les stratégies d'adaptation des exploitants agricoles familiaux.

Résumé de l'auteur : *L'innovation technique est souvent présentée comme le levier principal de l'amélioration des performances économiques et des conditions de vie des exploitants agricoles familiaux (EAF). Elle constitue de ce fait un moyen d'adaptation face à la variabilité de l'environnement socio-économique. L'objectif de cette étude a été d'analyser la place du recours à l'adoption de propositions techniques issues de la recherche au sein de l'ensemble des stratégies d'adaptation mobilisées par les producteurs pour préserver, voire pour améliorer, leurs conditions de vie et celles de leurs descendants. A travers la réalisation d'entretiens semi-directifs et directs auprès d'un échantillon représentatif d'EAF du Grand Sud Cameroun, cette étude a montré que le développement des migrations et des activités non agricoles, l'extension des surfaces cultivées, et la diversification des productions agricoles marchandes étaient des stratégies d'adaptation plus fréquemment mobilisées que l'adoption de propositions techniques. Cette étude a souligné le fait que l'amélioration des itinéraires techniques et des performances des exploitations familiales ne peuvent constituer la seule orientation des politiques de recherche et de développement. L'augmentation des mobilités spatiales et professionnelles des producteurs encourage à développer des politiques de recherche et de développement plus attentives à la gestion des territoires et des hommes et aux interactions entre les différents secteurs de l'économie nationale.*

Par ailleurs Des travaux ont été menés sur la contribution des SAF cacaoyers au revenu et à la sécurité alimentaire des ménages dans différentes situations de développement de la cacaoculture dans le cadre du projet AFS4food. Ces résultats, en cours d'analyse montrent une meilleure contribution à la

sécurité alimentaire des systèmes diversifiés en zones traditionnelles par rapport aux zones de fronts pionniers.

http://afs4food.cirad.fr/content/download/4552/34447/version/2/file/Afs4food_final_report_2015.pdf)

Les effets des types de contrats agricoles sur la performance des SAF cacaoyers ont été évalués dans le cadre du même projet. Il a été montré que les contrats incitatifs (paiement en pourcentage de vente du cacao récolté) ont une meilleure efficacité que les contrats reposant sur des salaires fixes. (Nso Ngang et al, 2015).

4. Présentation de travaux du Thème 3 : Evaluer les produits et services des systèmes agroforestiers à différentes échelles de temps et d'espace

Les performances des SAFs ont été évaluées par la quantification de leurs services écosystémiques et si possible l'analyse des compromis entre ces services. La finalité étant d'identifier des leviers d'action qui permettent de maintenir ou d'améliorer ces performances. Des méthodes d'analyse ont été développées et des indicateurs mobilisés pour évaluer ces services. Ont été considérés en particulier les services d'approvisionnement dans leur diversité dont la production de cacao et d'autres services écosystémiques tel que le maintien de la fertilité des sols, le stockage de carbone, la régulation des bioagresseurs et la conservation de la biodiversité.

Ces études ont permis de rendre compte de la pluralité des objectifs de ces systèmes, la diversité des fonctions et services fournis, des aspects de durabilité agronomique, écologique et sociale.

Les activités conduites durant ces cinq années se sont déroulées essentiellement dans la Région Centre.

Les SAF à base de cacaoyers du Centre Cameroun présentent une remarquable longévité d'exploitation (pouvant aller au-delà de 80 ans pour certains systèmes), un mode de gestion à (très) bas intrants (pas ou peu d'apports minéraux, peu d'apports de pesticides) et des niveaux de rendement relativement variables (150 à plus de 1500 kg.ha⁻¹) mais stables sur le long terme.

Trois zones agroécologiques distinctes ont été choisies (Fig. 4) : la zone forestière de Ngomedzap au Sud de la région Centre, la zone de transition Forêt-Savane de Bokito et le front pionnier forestier de Talba au Nord de cette Région. Dans ces trois zones, il existe des partenariats solides entre des agriculteurs et les chercheurs des différentes institutions du DP, en particulier IRAD et CIRAD.

Au cours de la période 2010-2015, l'accent a été mis sur : i) la meilleure compréhension de la longévité de ces systèmes via la construction et l'étude de chronoséquences de parcelles paysannes dans différents sites et après différents précédents (zone de forêt humide, zone de transition forêt semi-humide et zone de transition forêt-savane); ii) la quantification de quelques services écosystémiques mentionnés ci-dessus.

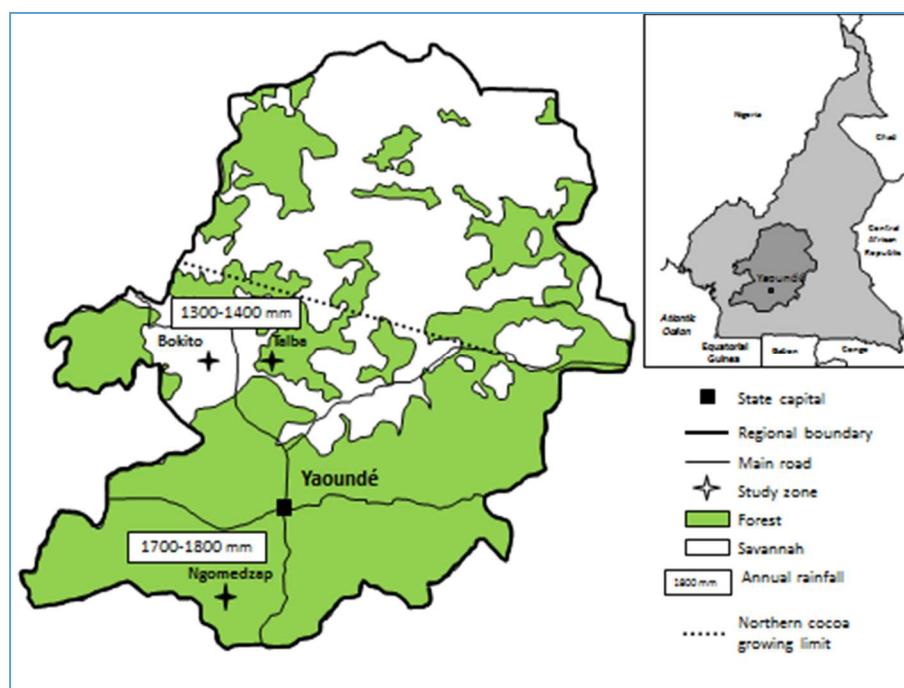


Figure 4 : Carte des sites d'observation de la région Centre du Cameroun.

41. Etude de la durabilité des SAF à base de cacaoyers au Centre Cameroun

La mise en place de chronoséquences a permis de mettre en relief des dynamiques des peuplements cacaoyers et des communautés d'arbres associés qui sont déterminés par la mise en place et le maintien de conditions favorables à la culture du cacaoyer. Cette gestion raisonnée sur le long-terme favorise la croissance des cacaoyers tout au long de la vie du SAF tout en maintenant un équilibre concurrentiel avec les arbres associés (Saj et al, soumis ; Jagoret et al, 2017). En effet, la croissance des surfaces terrières du peuplement cacaoyer (somme des sections des tiges à 1,30 m de hauteur rapportée à l'hectare) semble continue mais maintenue dans des proportions toujours inférieures à celle des arbres associés tout au long de la vie du SAF (Saj et al, soumis).

Le maintien d'un couvert forestier semble être la clé de voûte de la durabilité des SAF du Centre Cameroun. Et ce, notamment pour deux raisons majeures. D'une part, ce couvert est multifonctionnel les arbres conservés ou introduits dans les SAF possèdent quasiment tous une fonction pour le planteur : production de bois, de fruits, apport d'ombrage, maintien de la fertilité, usage médical, etc... (Jagoret et al. 2014). Cette multifonctionnalité augmente l'intérêt pour les exploitants de la conservation d'autres essences que le cacaoyer sur les parcelles et participe à leurs revenus et/ou à leur alimentation. D'autre part, le maintien du couvert forestier et sa nature, influence fortement le fonctionnement de ces systèmes très peu utilisateurs d'intrants. En effet, ce couvert semble permettre un maintien de la matière organique des sols lorsque les cacaoyères sont issus de parcelles forestières et une augmentation de cette matière organique lorsque les cacaoyères sont installées après savane (Jagoret et al, 2012 ; Nijmeijer et al, 2016). Il participe ainsi au maintien d'un niveau de fertilité dans des conditions où les apports organiques ou synthétiques de fertilisants sont absents. Les effets de ce couvert forestier sur le recyclage et la mise à disposition des nutriments est en cours d'étude dans le cadre de la thèse d'A. Nijmeijer.

42. Le stockage de carbone dans la biomasse arborée et dans le sol des SAF à base de cacaoyers au Centre Cameroun

La période 2010-2015 a permis de démontrer les forts niveaux de séquestration de carbone (C) des SAF à base de cacaoyers pouvant aller au-delà de 100 t.ha⁻¹ (Saj et al, 2013 ; Nijmeijer et al., 2016). Bien que ces niveaux soient clairement supérieurs aux autres systèmes d'exploitations agricole, ils restent majoritairement en deçà des capacités de séquestration des forêts dont ils sont pour la plupart issus. Par ailleurs, ce stockage est fonction du niveau de complexité des SAF et nécessite pour atteindre son potentiel plusieurs dizaines d'années (environ 60 ans). Ce stockage est le fait direct de la présence, de la favorisation et du maintien de grands arbres (au diamètre à hauteur de poitrine supérieur à 30 cm) au sein de ces SAF (Saj et al, 2013 ; Nijmeijer et al, 2016). Ces grands arbres constituent en moyenne entre 70 et 90% du stock de C dans les SAF. Ces grands arbres dépendent du mode d'exploitation « extensif » de ces systèmes. Si l'usage agricole des territoires actuellement producteurs de cacao est amené à évoluer et si une intensification classique est envisagée, alors la pérennité de ces niveaux de stockage assez exceptionnels est menacée (Saj et al, 2016 ; Saj et al. accepté). Les travaux de Nijmeijer et al (2016) confirment les premiers résultats de Jagoret et al (2012) sur l'augmentation du taux de carbone du sol au cours du temps dans les SAF installés après savane. Ils fournissent une relation entre la vitesse de stockage de Carbone dans ces systèmes et la texture du sol.

43. La conservation de la diversité arborée dans les SAF cacaoyers

La complexité des systèmes a été confirmée et se traduit à la fois par un nombre d'espèces pérennes associées aux cacaoyers élevé (en moyenne 25), variant selon les zones considérées et l'ancienneté des cacaoyères. Il en est de même pour les densités d'arbres associés aux cacaoyers (en moyenne 120 par hectare) et par le niveau d'agro-biodiversité (index de Shannon en moyenne de 2,6) (Jagoret et al. 2011).

La capacité de conservation des espèces arborées dans les SAF dépend du niveau de leur complexité et d'autre part semble stable sur le très long terme (Saj et al, accepté). En termes de richesse spécifique, ces systèmes présentent un intérêt car ils renferment en leur sein de nombreuses espèces forestières. Cependant, le petit nombre d'individus rencontrés pour la plupart des espèces limite fortement les capacités de conservation de ces dernières (Saj et al, accepté). Pour les espèces forestières les plus représentées dans les SAF (une dizaine d'espèces sur les échantillonnages effectués), ces systèmes seraient vraisemblablement de bons candidats à la conservation. Par ailleurs, le potentiel « écologique » des SAF dépend de la densité des arbres associés aux cacaoyers. Ainsi, contrairement au stockage de C, la simplification des SAF conduirait à une diminution drastique de ce potentiel. Sur les échantillonnages réalisés, le nombre d'espèces associées diminuait de plus de 70% et les indices de diversité alpha d'environ 50% lorsque l'on passait d'un nombre d'individus associés supérieur à 200 à moins de 50 par ha (Saj et al, accepté). Ainsi, la pérennisation des capacités de conservation en essences forestières des SAF au Centre Cameroun dépend de la stabilité sur le long terme des modes d'exploitations extensifs et multifonctionnels qui y sont pratiqués.

44. Production cacaoyère en relation avec l'âge, la composition et la structure des SAF

La période 2010-2015 a permis de démontrer que la production sous couvert forestier est également dépendante du niveau de compétition entre arbres associés et cacaoyers ainsi qu'entre les cacaoyers eux-mêmes (lorsque la densité de plantation est trop importante) (Saj et al, soumis). L'effet de compétition interspécifique sur le rendement en cacao a été évalué en utilisant la notion de surface terrière (Saj et al, soumis ; Fig. 5). Bien que cette approche présente des lacunes, elle a permis d'illustrer pour la première fois les rendements en fonction d'un indicateur d'interactions interspécifiques à partir de données réelles.

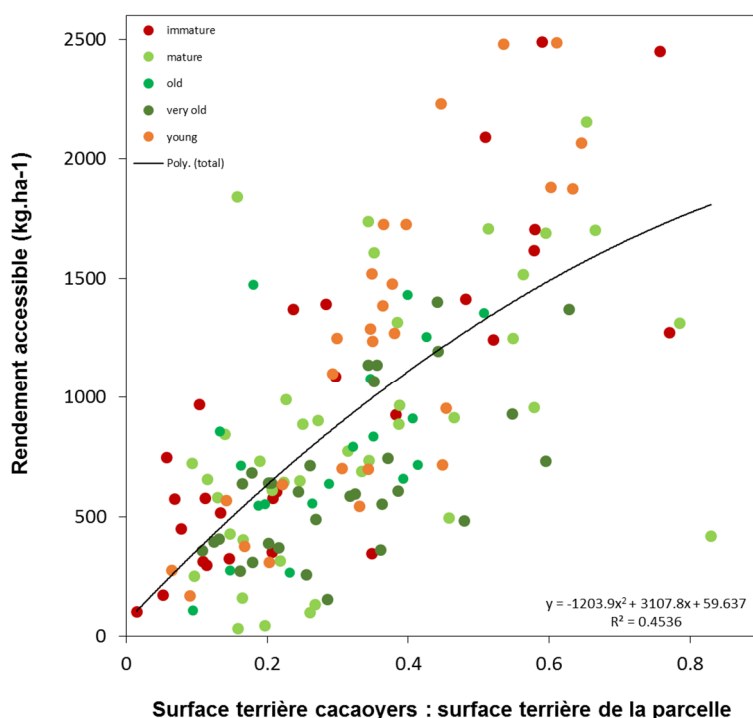


Figure 5 : Evolution du rendement accessible des SAF à base de cacaoyer au Centre Cameroun en fonction du rapport entre surface terrière des cacaoyers et surface terrière totale des individus ligneux (tiré de Saj et al, en cours de rédaction)

Les résultats montrent que la production cacaoyère est négativement influencée par la présence d'arbres associés (Saj et al, 2016 ; Saj et al, soumis). Mais ils montrent également que cette présence n'explique pas l'ensemble des variations. Ainsi, les rendements dépendent également de l'âge des SAF : peu de systèmes semblent pouvoir produire au-delà d'1t.ha⁻¹ après 40 ans d'exploitation. La surface terrière des arbres associés varie en fonction de la nature et du nombre des individus qui la compose et participe vraisemblablement également à la variabilité des rendements (Saj et al, soumis). Enfin, les niveaux de rendements accessibles obtenus tendent à montrer qu'une meilleure gestion au cours du cycle pourrait grandement améliorer les rendements réels obtenus et/ou déclarés qui se situent régulièrement entre 250 et 750 kg.ha⁻¹ (Saj et al., soumis). Par ailleurs, il est également remarquable que, malgré un effort d'échantillonnage très important, nous n'ayons pas recensés au-delà de 60 ans des SAF au rapport de surfaces terrières supérieur à 50%. A défaut de démontrer par ce biais un rapport optimal permettant une production sur le très long terme dans les mêmes conditions de gestion qu'aujourd'hui (c'est-à-dire durable) ce résultat nous indique vraisemblablement un niveau minimal de surface terrière du peuplement associé à ne pas réduire (Saj et al, soumis).

Selon Jagoret et al. (soumis), le rendement moyen des peuplements cacaoyers s'avère généralement sous-évalué par rapport à la réalité. L'évaluation des performances des peuplements cacaoyers, à partir d'un dispositif et d'observations spécifiques, en adaptant la méthode du diagnostic agronomique régional, a en effet permis de confirmer que le rendement en cacao des systèmes agroforestiers est en moyenne de 737 kg par hectare et qu'il varie de 1008 à 596 kg selon les zones. Ces résultats confirment donc qu'il est possible de cultiver le cacaoyer dans de tels systèmes tout en obtenant des rendements en cacao supérieurs à ce qui est communément admis.

45. Rôle des espèces associées au cacaoyer dans la fertilité du sol

Bidzanga N. et al. (2009) donnent des listes d'espèces locales dites améliorantes de la fertilité du sol ou considérées comme les plus compatibles avec les cultures associées par les agriculteurs, en

partie pour des raisons de faible développement racinaire superficiel. Dans le cas de Bokito, il s'agit de *Ceiba pentandra*, *Ricinodendron heudelotii*, *Milicia excelsa*, *Ficus mucosa*, *Entandrophragma cylindricum*, *Canarium schweinfurthii*, *Erythroleum ivorense*, *Afzelia pachyloba*, *Dacryodes macrophylla* et *Persea Americana*. Beaucoup de ces espèces sont des espèces fruitières et aucune légumineuse fixatrice d'azote n'est mise en avant. Néanmoins, dans la liste des espèces les plus fréquemment rencontrées à Bokito et donnée par Jagoret et al (2012), différentes légumineuses fixatrices d'azote sont relativement fréquentes: *Albizzia adianthifolia* occupe la 14ème place, vient ensuite *Albizzia ferruginea*, et moins fréquemment *Angylocalyx pyraetii* et *Tetrapleura tetraptera*.

Des travaux sont actuellement en cours sur la production de litière de différentes espèces en relation avec la production de cacao dans le cadre du projet C2D. Les espèces considérées sont : *Ceiba pentandra*, *Ficus Mucosa*, *Terminalia superba* et *Ricinodendron heudelotii*.

46. Régulation des bioagresseurs des cultures pérennes

461. Cas des mirides du cacaoyer

Au Cameroun la production de cacao est soumise aux attaques d'un ravageur principalement, un insecte de la famille des Miridae, *Sahlbergella singularis*. Cet insecte attaque les fruits et les parties végétatives du cacaoyer (Fig. 6). Les dégâts causés sont considérables mais ils sont difficiles à estimer. Dans les SAF, les arbres et les autres plantes associées fournissent des services de contrôle biologique (Coll, 2009) à travers des régulations « top down » (en stimulant les ennemis naturels) ou « bottom-up » (qui passent par l'amélioration de la santé des sols et du microclimat) (e.g. Ratnadass *et al.* 2012). Les SAF à base de cacaoyers du Cameroun qui associent une grande diversité d'espèces auraient un fort potentiel pour la régulation des ravageurs mais peu de données existent sur cette hypothèse qui demande à être vérifiée plus finement.



Figure 6 : Attaques de mirides occasionnant des chancres (Photo S Saj)

Les travaux développés entre 2010 et 2015 ont été réalisés en collaboration entre le CIRAD l'IRAD (laboratoire d'entomologie) et l'Université de Yaounde1. Ils ont porté essentiellement sur la bio-écologie des mirides du cacaoyer et sur l'entomofaune associée aux SAF à base de cacaoyers en vue d'améliorer les méthodes de lutte agro-écologique.

Présentation des zones et systèmes étudiés

Les travaux qui se sont intéressés à l'effet des conditions agro écologiques sur les mirides ont été conduits la Région du Centre (Bokito, Obala et Ngomedzap). Deux types de systèmes de culture du cacao ont été étudiés dans le cadre de ces activités : d'une part les agroforêts traditionnelles de cacaoculture extensive. Le cacaoyer y est associé à des arbres forestiers et fruitiers. Ce sont

majoritairement des variétés traditionnelles de cacaoyer, mais certaines variétés améliorées y sont également plantées ; et d'autre part des systèmes agroforestiers intensifs expérimentaux mis en place depuis 2006 par les agriculteurs, sur des friches ou dans la savane, en collaboration avec l'IRAD et le CIRAD. Ces systèmes sont installés selon un plan d'organisation bien défini et régulier et le cacao y est associé à des cultures pérennes à haute valeur ajoutée, telles que les arbres fruitiers, le palmier à huile, le cocotier. Les cacaoyers plantés appartiennent généralement à des variétés améliorées. Ces deux types de systèmes sont extrêmement variables en termes de niveau d'ombrage. Les systèmes traditionnels sont globalement plus ombragés. Les systèmes plus intensifs sont des systèmes sans ombrage pendant les premières années de culture. Dans ces deux types de plantations, l'incidence et l'impact des ravageurs varient sous l'action combinée des conditions microclimatiques et des pratiques des planteurs.

Influence de la disponibilité en lumière, du microclimat et de la structure des peuplements sur la distribution spatiale des mirides dans les SAF cacaoyers.

Il a été mis en évidence que la disponibilité en lumière influence la distribution spatiale des mirides dans les plantations de cacaoyers traditionnelles (Babin *et al.*, 2010). Les mirides ont une distribution agrégée dans les trous de lumière dans les systèmes ombragés. Des observations menées dans des parcelles de culture plus intensive, sans ombrage les premières années ont montré d'importants dégâts cumulés, dès les premières années. Bien que les populations de mirides évaluées ponctuellement étaient agrégées sur un nombre limité de cacaoyers, les dégâts cumulés, en particulier les chancre sur les branches et le tronc, étaient distribués de manière plus homogène, montrant que peu d'arbres dans les parcelles avaient été épargnés par les attaques de mirides (Mahob *et al.* 2015).

Des activités ont ensuite été conduites en 2012-2013 dans 20 plantations dans le département de la Lékié (Obala), afin d'étudier les liens entre la structure des plantations, le microclimat et l'incidence et l'impact des bioagresseurs. Il a été établi que la présence d'arbres d'ombrage forestiers avec une distribution agrégée a tendance à augmenter les densités de mirides (Gidoïn *et al.* 2014). De plus, la disponibilité en tissus sensibles (flushes de cacaoyers, jeunes fruits...) augmente les densités de mirides (Gidoïn *et al.* 2014). La phénologie du cacaoyer influence directement les traits d'histoire de vie des femelles *S. singularis* en particulier la fécondité en condition semi naturelle (Babin *et al.* 2011). Ces connaissances sur les facteurs influençant la distribution spatiale des mirides dans les SAF complexes ont permis d'établir des recommandations sur la gestion de ces arbres d'ombrage dans les SAF. Pour lutter efficacement contre les mirides, il vaut mieux privilégier un ombrage moyen homogène au niveau de la parcelle en évitant d'associer des hôtes alternatifs des mirides.

Liens entre la composition des systèmes, la diversité des ennemis naturels et les mirides

Les fourmis sont à la fois des espèces bioindicatrices de la biodiversité dans les SAF car elles sont représentatives de la perturbation des systèmes en zone tropicale, et des régulateurs potentiels des mirides. Les communautés de fourmis sont très variables d'une zone agroécologique à une autre et elles sont très diversifiées dans les SAF à base de cacaoyers (Tadu *et al.*, 2013, 2014a). L'ombrage est un facteur déterminant dans la structuration des communautés de fourmis dans les SAF (Tadu *et al.* 2014b). Parmi toutes les espèces de fourmis identifiées, *Oecophylla longinoda* serait l'espèce la plus intéressante pour réguler les populations de mirides. Elle serait capable d'exclure les mirides dans les zones de co-existence (Bagny Beilhe *et al.* soumis). Il serait intéressant de mettre en place dans un programme de lutte intégré des pratiques pour favoriser leur nidification dans les SAFs à base de cacaoyers fortement infestés par les mirides. D'autres espèces pourraient avoir un potentiel de régulation important (*Tetramorium aculeatum*, *Crematogaster sp.*), mais au vu de leur agressivité et de leur rôle dans les épidémies de Swollen Shoot, les recommandations seraient de ne pas les favoriser (Bagny Beilhe *et al.* soumis).

Depuis peu, une tendance à la simplification des systèmes se développe afin d'augmenter les rendements en cacao, accompagnée d'une augmentation d'utilisation des intrants, tels que les

fertilisants et les pesticides pour réduire les pertes dues aux bioagresseurs. Ces changements de structure et de composition des systèmes pourraient avoir un effet sur la diversité dans les systèmes agroforestiers et sur les mécanismes de régulation existants. Des travaux ont été conduits pour étudier l'effet de la simplification des SAF sur les communautés de fourmis. Les indices de richesse et de diversité des fourmis ne sont pas fonction des gradients de complexité entre les systèmes. Les systèmes associant le plus de diversité végétale ne renferment pas nécessairement les communautés de fourmis les plus diverses ni les plus riches. Ces deux indices sont plus sensibles aux effets liés à l'environnement proche de la parcelle et aux pratiques des planteurs, surtout la fréquence des traitements. Les résultats ont montré que le système simplifié qui optimise surtout le service de production n'est pas le plus consommateur en pesticides ni le moins riche au niveau des indices de diversité des fourmis. Ce résultat permet de considérer les systèmes simplifiés différemment surtout lorsque ces systèmes sont mis en place à proximité d'autres modes d'utilisation des terres donnant lieu à des paysages diversifiés et complexes, composés de savanes, d'îlots forestiers, de SAF complexes...), comme c'est le cas à Bokito (Kenfack 2014 ; Tchoundji 2014).

Effet des mirides sur la production cacaoyère

Les mirides causent des pertes importantes au niveau des jeunes fruits (stade chérelles) en réduisant l'abondance des jeunes fruits d'environ 10% (Yédé et al. 2012). Les effets des piqûres sur les fruits en cours de maturation sont plus variables.

Un suivi régulier des cacaoyers (tous les 2 mois) entre 2013 et 2015 dans ces parcelles a permis de déterminer la dynamique de fructification à Bokito, Talba et Ngomedzap et d'établir l'impact des attaques précoces de mirides sur les cacaoyers. Dans chaque zone, les parcelles suivies étaient soit traitées selon les pratiques du planteur soit non traitées pour évaluer l'efficacité des traitements chimiques. Il a été mis en évidence que plus de 60% des chérelles piquées par les mirides avortent. Les arbres qui montrent des attaques importantes par les mirides (les plus fortes intensités des chancres anciens) sont moins productifs en tout cas dans la région de Bokito (Fig. 7). Il semble également que l'efficacité du traitement insecticide sur les attaques de mirides est fonction de la zone. Bokito est la zone où le traitement est le plus efficace probablement du fait d'une implication plus importante de la part des planteurs. Il se pourrait également que les mirides soient un facteur limitant important de la production cacaoyère en zone relativement sèche (Bokito) alors qu'en zone plus humide (Ngomedzap et Talba) d'autres facteurs limitants seraient prépondérants (pourriture brune). Les pertes liées aux mirides sont difficiles à quantifier. Les dégâts sont négligeables pour la production de l'année en cours mais leur cumul finit par affaiblir l'arbre et réduire la production (Elomo 2015).

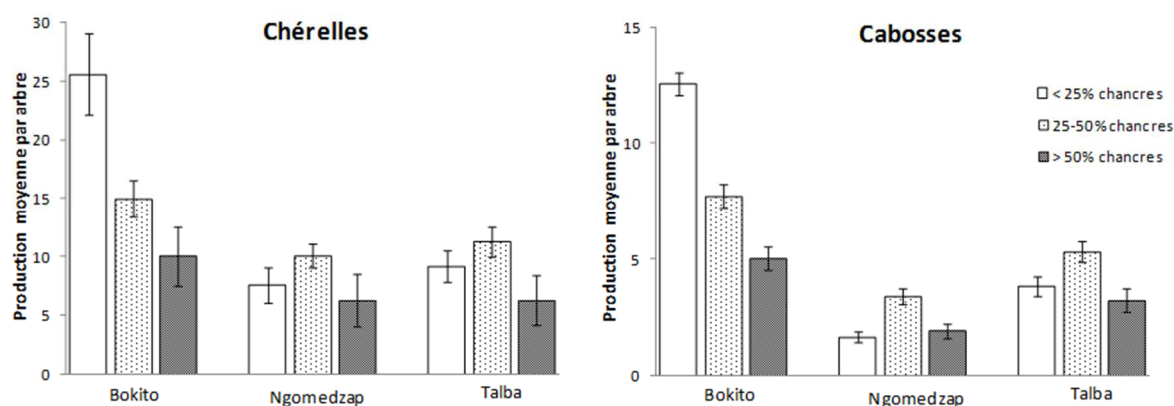


Figure 7 : Production moyenne de chérelles et de cabosses par arbre en fonction de l'intensité des dégâts anciens causés par les mirides à Bokito, Ngomedzap et Talba. (Bagny Beilhe et Ten Hoppen ; Rapport Projet SAFSE, 2015)

462. Cas de la pourriture brune du cacaoyer

Introduction

Au moins 11 espèces de *Phytophthora* ont été associées à des maladies du cacaoyer. Bien que plusieurs de ces espèces aient été trouvées au Cameroun, la pourriture brune des cabosses du cacaoyer (CBPD : cacao black pod disease) (Fig. 8) au Cameroun n'est causée que par *Phytophthora megakarya*. Répandue au Cameroun et au Nigeria, cette maladie a atteint progressivement les deux principaux pays producteurs de cacao dans le monde : le Ghana en 1985 et la Côte d'Ivoire, autour des années 90. Dans ces deux pays, *P. megakarya* est encore en phase invasive et coexiste avec *P. palmivora*, l'agent causal le plus fréquent de la pourriture des cabosses du cacaoyer dans le monde.



Figure 8 : Pourriture brune des cabosses du cacaoyer (Photo S. Saj)

Phytophthora megakarya peut provoquer jusqu'à 80% de perte de rendement lorsqu'aucune mesure de contrôle n'est mise en place. De plus, sa capacité à survivre dans le sol pendant de longues périodes et à réinfecter les cabosses de cacao par inoculum provenant du sol en fait un pathogène particulièrement difficile à gérer. En raison de ce qui précède, *P. megakarya* représente une menace majeure pour la production de cacao, d'autant plus que l'Afrique de l'Ouest produit environ 70% de la production mondiale de cacao. Pour cette raison, des efforts particuliers sont consacrés à combattre cette maladie. Au sein du DP Agroforesterie Cameroun, trois principales voies de recherche ont été explorées pour la lutte contre la CBPD, toutes pertinentes pour le secteur du cacao en Afrique de l'Ouest: i) la sélection de cacaoyers résistants à la maladie; ii) la compréhension de la biologie du pathogène et son épidémiologie ; et iii) le contrôle de la maladie, fondé principalement sur le biocontrôle et la lutte biologique par conservation.

Ce qui suit est un aperçu succinct des principales activités et résultats sur le travail sur l'épidémiologie et le contrôle de la maladie. Pour le travail sur la sélection du matériel végétal résistant, nous nous référons à la partie 53. Création de matériel végétal amélioré : Sélection de cacaoyers résistants à la pourriture brune (CBPD)

Biologie et épidémiologie

Pour contrôler *Phytophthora megakarya*, il est nécessaire de comprendre son succès en tant que pathogène du cacao. Le développement de marqueurs microsatellites (SSR) pour *P. megakarya* (Mfegue et al., 2012) a permis des études génétiques de la population du pathogène. Sur cette base, Mfegue (2012) a pu fournir une meilleure compréhension des origines et des schémas de migration de la maladie (Mfegue et al., à re-soumettre). *P. megakarya* est originaire du Cameroun, probablement au début des années 1900 (Mfegue, 2012). Le pathogène est passé d'un hôte autochtone inconnu, sur le cacaoyer. Par la suite, il a remplacé *P. palmivora* comme la principale cause de la CBPD au Cameroun. Le remplacement de *P. palmivora* par *P. megakarya* est dû à une virulence accrue de ce dernier. La

virulence de *P. megakarya* est associée à une production plus précoce de sporanges, à une induction accélérée de la nécrose et à la production d'un nombre significatif d'appressories par rapport à *P. palmivora* (Ali et al., 2016). De plus, il semble que *P. megakarya* a été l'objet d'une sélection accrue de gènes liés à la virulence (Ali et al., soumis).

Un étudiant de doctorat camerounais (projet collaboratif entre le Cirad, l'IRAD et SupAgro) utilise maintenant les marqueurs SSR pour étudier les dynamiques spatiales et temporelles de la maladie dans les associations de cultures pérennes intensives, dites « innovantes ». Les résultats préliminaires de cette étude, basés sur des observations continues de l'incidence de la CBPD de 2009 à 2016 dans trois plantations proches de Bokito, (Département Mbam et Inobou, région Centre), montrent que la dispersion de la maladie est un processus en grappes, affectant préférentiellement les voisins des arbres infectés, et que la capacité de dispersion est limitée (Fig. 9). Les activités humaines et les rivières semblent être responsables de la dispersion à grande distance des propagules de *P. megakarya*. Ces facteurs doivent être pris en compte lors de l'installation de nouvelles plantations de cacaoyers. Les nouvelles plantations doivent être séparées des plantations déjà affectées, simplement par la distance et/ou en utilisant des cultures barrières, pour empêcher l'arrivée de *P. megakarya*.

En utilisant les données obtenues à travers plusieurs études sur le contrôle de la pourriture brune (voir ci-dessous) et l'épidémiologie (ten Hoopen et al., 2012 et Sounigo et ten Hoopen, non publié), un deuxième étudiant de doctorat camerounais (projet collaboratif entre le CIRAD et l'Université de Yaoundé 1, Départements de Mathématiques et Biologie des Plantes), développe actuellement un modèle SIR mathématique (Fig. 10) pour décrire l'évolution spatio-temporelle de la CBPD dans les systèmes agroforestiers traditionnels à base de cacaoyers.

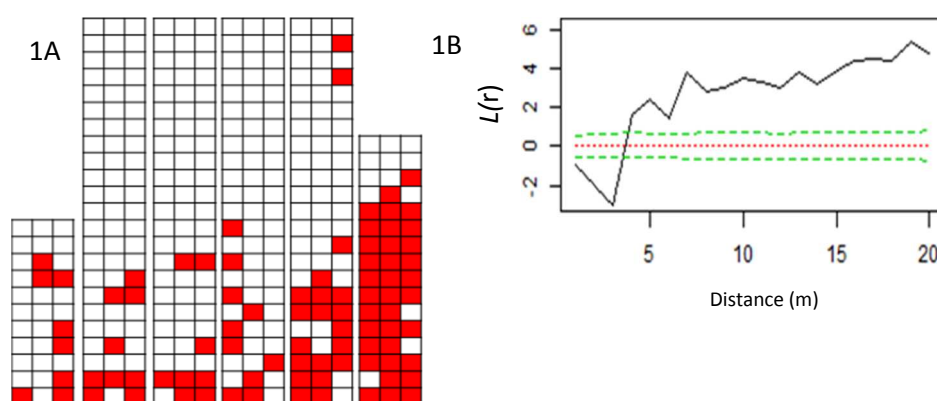


Figure 9 : Une plantation de cacaoyers en association simple avec une distribution agrégée de cacaoyers infectés (■) (1A) comme en témoigne la fonction K de Ripley où $L(r) > 0$ (1B) est en dehors de l'intervalle de confiance de 95% (---) autour d'une distribution régulière simulée (.....) (1B).

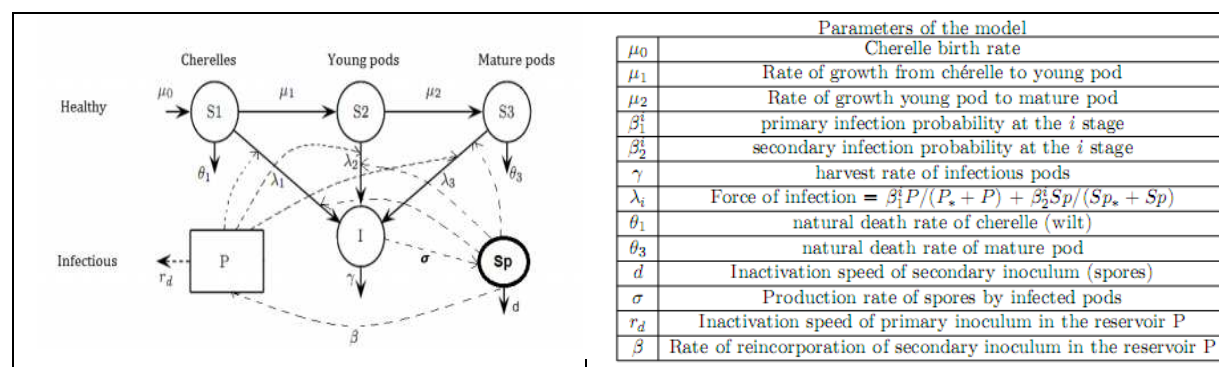


Figure 10 : Modèle épidémiologique (SIR) de *Phytophthora megakarya* et paramètres du modèle

La relation entre la structure de la parcelle de cacaoyers, la composition et la disponibilité de la ressource et l'incidence de la CBPD a également été étudiée. Dans le cadre du doctorat d'une étudiante française, l'étude faite dans le département de la Lékié, a montré que, contrairement aux attentes, la prévalence de la pourriture brune diminuait avec la densité des cacaoyers (Gidoïn et al., 2014). Plusieurs étudiants camerounais ont conduit des travaux sur la relation entre la structure du peuplement/distribution de l'ombrage et son impact sur l'humidité relative et la température et comment ces paramètres ont affecté la CBPD. La principale conclusion de ces travaux, qui reste à publier, est que les températures réduites et l'augmentation de l'humidité liée à l'augmentation de l'ombrage n'augmentent pas nécessairement la prévalence de la pourriture brune ; encore une fois, ce résultat est plutôt contraire aux attentes.

5. Thème 4 : Exploiter les processus écologiques pour augmenter la production globale des systèmes agroforestiers en fonction de leurs potentialités et des contraintes des ménages

Les activités de ce thème ont consisté à développer des approches intégrant les connaissances scientifiques et les savoirs paysans pour mieux exploiter les processus écologiques existants, identifier des leviers d'action et proposer des améliorations de ces systèmes dans une perspective d'intensification durable. Plusieurs voies d'amélioration possibles des SAFs ont été testées en s'appuyant sur l'expérimentation et la modélisation pour concevoir de nouveaux systèmes.

51. Amélioration des méthodes de lutte contre les mirides du cacaoyer

Les insecticides chimiques sont largement utilisés pour lutter contre les mirides. Les recommandations préconisent quatre traitements par an pour garantir leur efficacité. Néanmoins pour des raisons financières et pratiques, les traitements sont réalisés de manière opportuniste ce qui réduit leur efficacité tout en conservant leurs effets néfastes pour l'environnement et pour la santé des producteurs.

Une partie des travaux conduits entre 2010 et 2015 a consisté en la recherche de méthodes de lutte alternatives à la lutte chimique. Un piège attractif à base de phéromones de synthèse de *S. singularis* a été testé dans des parcelles agroforestières de la Région du Centre. Les pièges rectangulaires et les attractifs composés d'un mélange de diester et de monoester sont les plus efficaces pour capturer les mirides (Mahob et al. 2011).

D'autres activités se sont intéressées à l'efficacité d'extraits aqueux mis au point de manière artisanale de *Thevetia peruviana* et d'*Azadirachta indica* (neem) pour le contrôle des populations de mirides. En laboratoire et en champs, les extraits à base de *T. peruviana* sont plus efficaces que les extraits aqueux à base de neem. Ces extraits aqueux sont à la fois toxiques, répulsifs et affectent la capacité des insectes à s'alimenter (Mboussi et al. soumis). Les extraits aqueux à base de *T. peruviana* ont été et sont très efficaces à la fois contre les mirides et contre *Phytophthora megakarya* (Ambang et al. 2010).

Des activités sont en cours dans le cadre d'une thèse commencée en 2014 sur l'amélioration du piégeage à base des pièges attractifs décrits ci-dessus et sur l'utilisation de champignons entomopathogènes contre les mirides (Mahot et al. 2016).

52. Voies biologiques de contrôle de la pourriture brune du cacaoyer

a) Contrôle biologique

Compte tenu de l'utilisation intensive de fongicides et de pesticides dans la production de cacao au Cameroun (Mahob et al., 2014), et compte tenu des nombreuses externalités négatives associées à l'utilisation de ces produits, d'autres méthodes de lutte contre le CBPD sont explorées au sein du DP Agroforesterie.

Les travaux sur le contrôle biologique de *P. megakarya* au Cameroun ont commencé en 1999 impliquant deux membres de l'IRAD et du Cirad dans cette activité dès le début. Un agent de lutte biologique très prometteur, *Trichoderma asperellum* PR11 a été identifié et testé sur le terrain. Les résultats de ces essais, bien que relativement positifs, ont montré des limitations de la formulation utilisée : en effet le produit était susceptible à la dessiccation rapide des conidies lorsque celles-ci sont appliquées sur les cabosses ; il pouvait aussi être lessivé par la pluie. L'amélioration de la formulation conidienne de *T. asperellum* était donc une étape essentielle vers l'optimisation d'une stratégie de lutte biologique. En 2011, un projet de thèse a été lancé dont le résultat principal est illustré à la Figure 11. Les formulations de conidies de *Trichoderma* peuvent fournir une protection semblable ou même meilleure aux cabosses de cacao contre la pourriture brune qu'un fongicide conventionnel (Mbarga et al., 2014).

Comme mentionné précédemment, *P. megakarya* est capable de survivre dans le sol pendant de longues périodes et de réinfecter les cabosses du cacaoyer à partir d'un inoculum provenant du sol. Ainsi, si cet inoculum du sol pouvait être éliminé ou empêché d'atteindre les cabosses, les pertes dues à la pourriture brune seraient considérablement réduites. Cependant, des expériences passées visant à contrôler l'inoculum provenant du sol avec, par exemple, des amendements et/ou des fongicides ne se sont pas révélées très efficaces.

Les actions visant à contrôler l'inoculum du sol de *Phytophthora ramorum* et *Pythium myriotylum* (Mbarga et al., 2012), avec *T. asperellum* PR11 ont fait leurs preuves. Par conséquent, nous avons étudié sur une période de deux ans, la possibilité d'utiliser *T. asperellum* PR11 comme aspergeant du sol pour réduire l'inoculum primaire de *P. megakarya*, réduisant ainsi indirectement l'incidence de la pourriture brune. Fait intéressant, l'inoculum du sol a été significativement réduit par *T. asperellum* PR11 (Fig. 12). De plus, la progression de la maladie a été significativement affectée. Pourtant, même si on a observé une réduction des pertes dues à la CBPD et une augmentation du rendement, celles-ci n'étaient pas statistiquement significatives (Ndoungue et al., en préparation). Cependant, il semble probable que la combinaison d'applications au sol et au cacaoyer de formulations de conidies de *T. asperellum* PR11 contribuera à réduire considérablement l'incidence de la CBPD et devrait faire partie intégrante de la gestion de la pourriture brune au Cameroun. Malheureusement, l'utilisation du contrôle biologique pour la gestion des maladies du cacaoyer au Cameroun n'est pas encore possible car il n'existe aucun mécanisme pour mettre le produit sur le marché. Ainsi, la question était de savoir s'il était possible, en utilisant la mycoflore déjà présente dans les systèmes cacaoyers, de réduire l'incidence de la CBPD à l'aide d'une approche de lutte biologique par conservation.

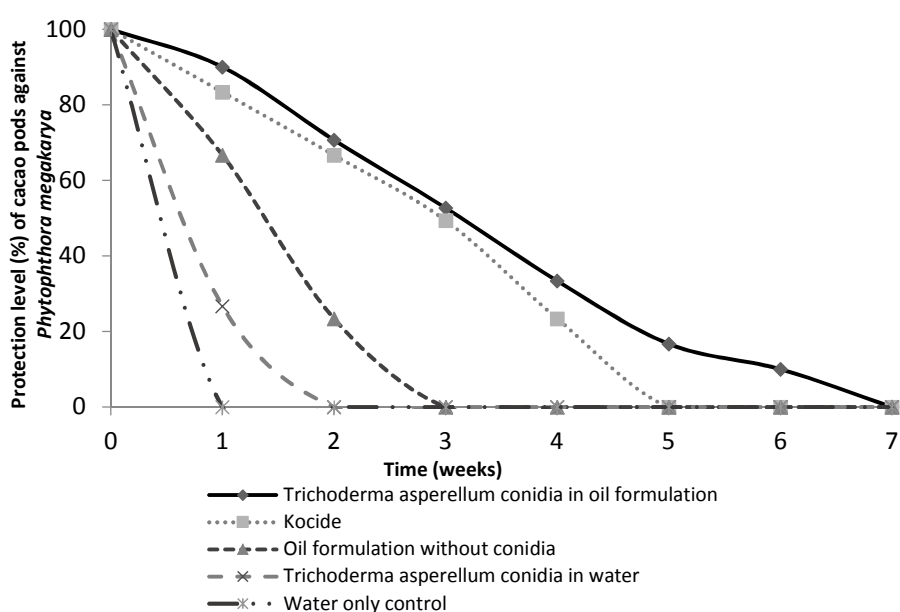


Figure 11 : Effets de protection au cours du temps de la formulation 1 appliquée au sol (♦) sur les cabosses de cacaoyers au champ en comparaison avec l'application d'un fongicide (■), d'une formulation sans conidies (▲), de conidies en suspension aqueuse (×) et de simplement d'eau en témoin (×).

b) Lutte biologique par conservation contre la pourriture brune du cacaoyer

La lutte biologique par conservation vise à stimuler la population résidente des agents de lutte biologique (ALB) par des interventions bénignes. Cependant, pour pouvoir utiliser les populations résidentes d'ALB (y compris les mycorhizes) afin de réduire les pertes dues à la maladie et stimuler la productivité, il faut d'abord étudier les facteurs influençant leur diversité et leur abondance. Deux projets de maîtrise ont étudié la diversité et l'abondance des mycoparasites et mycorhizes dans 64 parcelles dans la région de Bokito (département Mbam et Inobou, région Centre). Ces parcelles ont également été utilisées pour les études des services de stockage de carbone et de conservation de la biodiversité et de la fertilité des sols. Au total, 5 parcelles de savane et 4 parcelles forestières ont été utilisées comme témoins. Les fermes ont été sélectionnées en fonction de l'âge de la plantation, de l'écosystème précédent (savane ou forêt) et du cacao et de la densité des arbres associés.

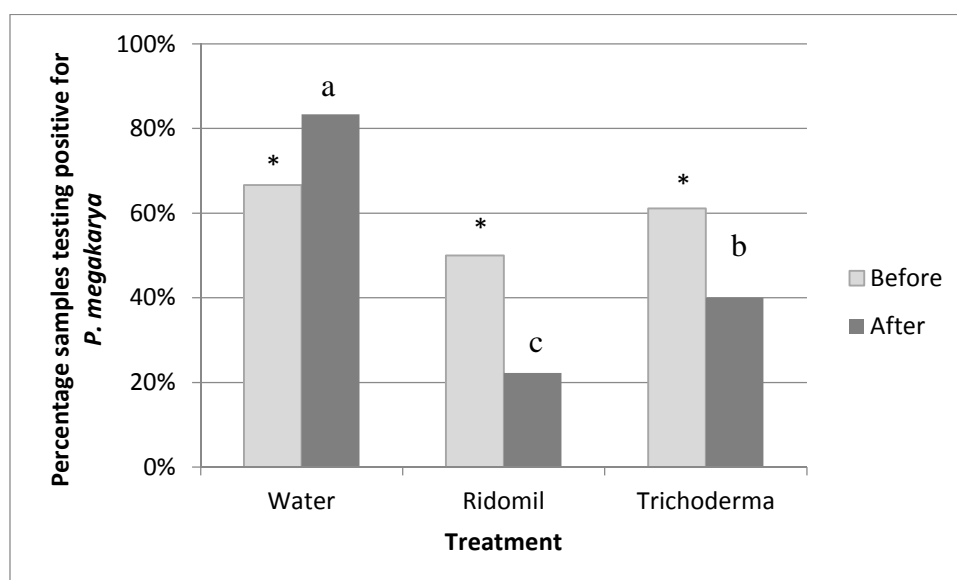


Figure 12 : Pourcentage d'échantillons de sols testés positifs pour la présence de *P. megakarya* au démarrage (before) et à la fin (after) du traitement à l'eau, au fongicide (ridomil) et à l'agent de lutte biologique (Trichoderma). Bars with the same symbol or letter do not differ significantly at $P < 0.05$. Comparison per date only.

Les mycoparasites de *P. megakarya* les plus courants présents dans le sol appartenait aux genres *Clonostachys* et *Trichoderma*, bien connus pour leurs capacités de contrôle biologique et souvent utilisés dans le contrôle biologique des maladies du cacao (Ten Hoopen et Krauss, 2016). D'autres genres mycoparasites bien connus étaient *Penicillium*, *Aspergillus* et *Verticillium*. En ce qui concerne les mycorhizes, elles correspondaient aux genres suivants: *Glomus*, *Gigaspora*, *Acaulospora* & *Entrophospora*, (Fig. 13), comme déjà relevé par Snoeck et al, (2010). Le genre *Glomus* était de loin le plus commun et était représenté par au moins 5 espèces différentes.

La diversité et l'abondance des mycoparasites et des mycorhizes ont montré des différences marquées

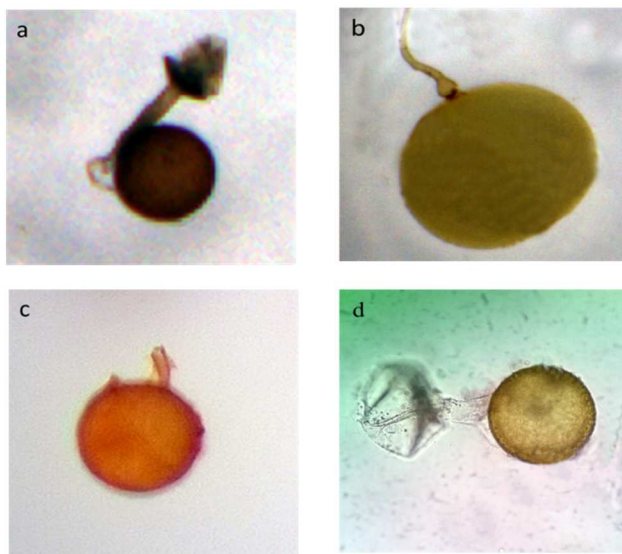


Figure 13: Exemples of spores of different genera of mycorrhiza: a) *Acaulospora* sp., b) *Gigaspora* sp., c) *Glomus* sp., d) *Entrophospora* sp

entre les parcelles. Concernant les mycoparasites, le facteur le plus important expliquant cette variabilité semble être le pH du sol. Concernant les mycorhizes, leur diversité et abondance semblaient être principalement régies par la diversité végétale. Des informations sur les variables expliquant la diversité spécifique et l'abondance des champignons du sol nous fourniraient des idées sur la façon de les manipuler afin d'exercer un contrôle accru sur *P. megakarya*.

À la suite de cette étude, un projet de doctorat sur l'impact des mycorhizes sur la productivité du cacao dans les systèmes agroforestiers a été lancé par l'Université de Yaoundé 1.

53. Création de matériel végétal amélioré

a) Sélection de matériel végétal adapté à la cacaoculture en conditions marginales

Le réseau de parcelles de systèmes de culture simplifiés décrit **plus bas permet** de comparer 170 descendances de cacaoyer issues:

- des champs semenciers de la SODECAO et du PSCC (descendances vulgarisées)
- de croisements entre les clones présents dans les collections de l'IRAD
- de sélection massale chez les planteurs

Les données de productivité sont toujours en cours d'analyse.

b) Sélection de cacaoyers résistants à la pourriture brune (CBPD)

L'analyse des données obtenues à partir de comptages bimensuels des cabosses saines et pourries récoltées sur 118 clones représentés dans une parcelle de collection mise en place en 2001 sur la station IRAD de Barombi-kang, dans le sud-ouest, a montré que :

- En l'absence de traitement fongicide, le % moyen de cabosses pourries sur cette parcelle, enregistré durant la période 2010-16, est de 29%, variant entre 1,4% (clone le plus résistant) et 79% (clone le plus sensible).
- Les 31 clones les plus résistants (<15% de cabosses pourries) sont utilisés comme géniteurs pour la création de nouvelles descendances à tester.

L'analyse des données obtenues à partir de comptages bimensuels des cabosses saines et pourries récoltées sur 26 descendances de pleins-frères (50 cacaoyers par descendance) d'une parcelle d'essai mise en place en 2005 sur la station IRAD de Barombi-kang, dans le sud-ouest a montré que :

- En l'absence de traitement fongicide, le % moyen de cabosses pourries sur cette parcelle, enregistré durant la période 2010-16, est de 38%, variant entre 28% (descendance la plus résistante) et 48% (descendance la plus sensible).
- Les % de cabosses pourries sur les arbres individuels varient entre 2 et 100%.

Cinq descendances combinant forte productivité (> 1000 Kg/ha) et faible sensibilité à la pourriture (< 38% de cabosses pourries) ont été sélectionnées pour une future vulgarisation.

135 arbres présentant un % de cabosses pourries inférieur à 29% ont été sélectionnés, et seront utilisés comme géniteurs pour la création de descendance dans le cadre d'un nouveau cycle de sélection.

c) Mise en place de champs semenciers chez les planteurs

Pour faciliter l'accès des planteurs au matériel végétal amélioré, 16 petites parcelles de champs semenciers (entre 0,2 et 1 ha) ont été mises en place dans les différentes régions productrices de cacao (centre, sud-ouest, est, littoral), entre 2008 et 2016. Ces parcelles ont été mises en place en collaboration avec différents types de partenaires : organismes de formation, ONG, organisations paysannes et planteurs individuels. Ces parcelles ont été mises en place par la recherche et leur gestion (entretien, distribution des cabosses) est assurée par les partenaires. La mise en place de ces parcelles était basée sur le greffage de cacaoyers recépés dans des vieilles cacaoyères (Bougoing et Todem 2013). La plupart de ces parcelles est déjà entrée en production et permet la distribution de descendance issues de géniteurs résistants à la pourriture brune des cabosses.

54. Analyse des usages des espèces associées au cacaoyer

La multifonctionnalité des SAF traditionnels à base de cacaoyer a été abordée de façon originale i) à travers la valeur d'usage que les agriculteurs accordent aux différentes espèces en présence en fonction de leurs utilisations et ii) en adaptant une méthode participative dite « méthode de distribution des cailloux ». Il est ainsi apparu que 80 % des espèces inventoriées dans les cacaoyères agroforestières ont une valeur d'usage pour les agriculteurs, et qu'elles remplissent de un à sept usages, quatre usages de production, deux usages écologiques, et un usage social ayant été identifiés (Jagoret et al. 2014). Si le cacaoyer est l'espèce ayant la valeur d'usage la plus élevée (en moyenne 23,6 %), confirmant ainsi son rôle pivot dans le fonctionnement de ces systèmes, la fréquence d'apparition des autres espèces pérennes en présence est significativement et positivement corrélée à leur valeur d'usage ($R^2 = 0.914$) (Jagoret et al. 2014). Ces résultats confirment que la plurifonctionnalité des cacaoyères agroforestières, qui s'observe à la fois à l'échelle de la parcelle mais également à celle de l'espèce, explique en grande partie leur niveau élevé d'agro-biodiversité. La conception de systèmes agroforestiers innovants doit donc tenir compte de cette complexité intentionnelle afin de mieux répondre aux attentes des agriculteurs (production de fruits pour leur consommation et la vente certes, mais aussi fourniture de bois d'œuvre, ombrage des cacaoyers et contribution à la fertilité du sol) (Jagoret et al. 2014).

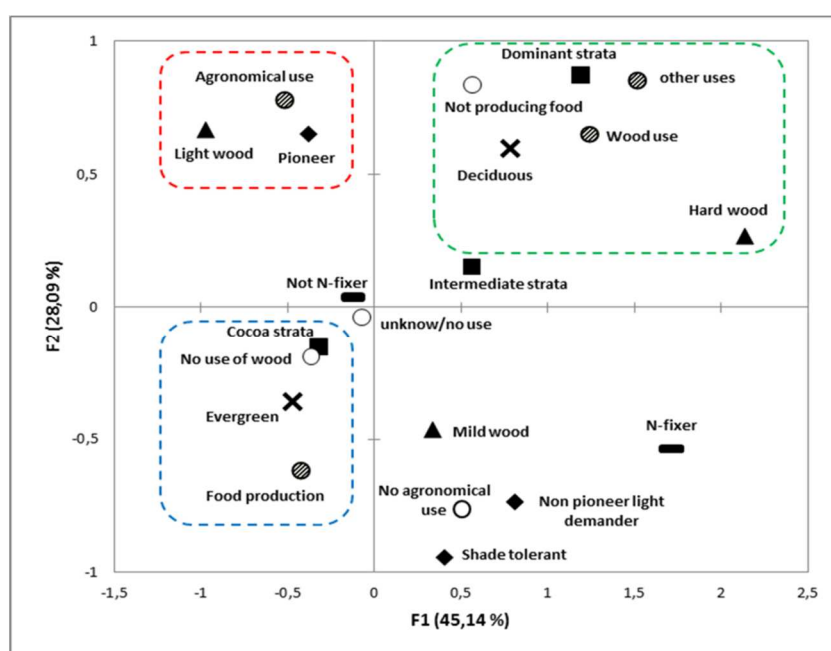


Figure 14 : Analyse en composantes multiples de groupes et traits fonctionnels des arbres associés aux cacaoyers dans les SAF du Centre Cameroun (tiré de Saj et Jagoret, 2015). (cercle) wood use type; (rectangle) N-fixation; (diamond) shade tolerance; (square) strata; (triangle) wood specific gravity; (cross) leaf life-span strategy.

Enfin, il a été possible de démontrer les relations fortes entre les usages qu'ont les exploitants des essences associées aux cacaoyers et certaines de leur caractéristiques fonctionnelles (guilde de succession, durée de vie de feuillage, densité de bois, (Fig. 14) ; Saj et Jagoret, 2015 ; Saj et al, accepté). Cette approche ouvre la porte à un travail d'optimisation de la gestion du couvert forestier selon les usages et les besoins des exploitants tout en évaluant les effets de ces choix sur le fonctionnement des SAF.

55. Gestion du peuplement cacaoyer

L'étonnante stabilité de la densité de cacaoyers sur le temps long (en moyenne 1640 cacaoyers par hectare) et de celle de leur rendement en cacao marchand, ont été mises en évidence (Jagoret et al. 2011). Liée en grande partie aux pratiques de régénération adoptées par les agriculteurs, à savoir la « redensification » permanente des peuplements cacaoyers et le recépage des cacaoyers sénescents (Jagoret et al. 2011 ; 2017), la longévité des systèmes étudiés est également la conséquence de la gestion par les agriculteurs des communautés d'arbres associés dont la diminution de densité au cours du temps (Jagoret et al. 2011 ; 2012) dissimule en effet un mode de gestion qui permet aux agriculteurs, via l'introduction de nouveaux arbres dans les cacaoyères et l'élimination d'individus en surnombre, d'ajuster en permanence l'hétérogénéité du couvert végétal et la densité des peuplements associés au bénéfice du peuplement cacaoyer (Jagoret et al. 2017).

L'analyse des composantes du rendement du cacaoyer et des caractéristiques de la structure des cacaoyères a également permis d'identifier les pratiques culturelles responsables des variations de rendement observées. La densité des cacaoyers, ainsi que la densité et le type d'espèces associées (fruitiers ou forestiers), apparaissent comme les facteurs-clé du fonctionnement des cacaoyères agroforestières où la surface terrière par cacaoyer (en moyenne 61.6 cm²), et le taux de cacaoyers adultes improductif (en moyenne 21 %), sont deux facteurs centraux dans l'évaluation de leurs performances (Jagoret et al. soumis).

56. Trajectoires agronomiques

Après les avoir abordé par l'évaluation de leur composante principale, à savoir le peuplement cacaoyer, l'autre originalité des travaux réalisés dans les systèmes agroforestiers du Centre Cameroun est de les avoir également abordés en termes de trajectoire, correspondant à une succession d'états structuraux de végétation, en relation avec le développement des cacaoyers et les modifications de conduite au cours du temps. En croisant observations et enquêtes historiques, l'analyse de l'évolution des cacaoyères agroforestières, âgées pour la plupart de plusieurs décennies, a permis de reconstituer l'impact des évolutions de contexte (technique et socio-économique) sur les pratiques de conduite, les structures, et le rendement de ces cacaoyères. Cinq trajectoires de cacaoyères ont ainsi été formalisées, certaines marquées par des phases de semi-abandon ou des réorientations techniques majeures (Jagoret, 2011). Ces trajectoires expliquent ainsi la structure actuelle des cacaoyères, à basse ou haute densité de cacaoyers, ainsi que les rendements en cacao qui varient de 543 à 1275 kg par hectare dans l'espace échantillonné. Ces résultats montrent comment le pilotage d'espèces en interaction est source de flexibilité, l'équilibre du système pouvant être momentanément rompu ou remanié, prouvant le caractère résilient de ces cacaoyères agroforestières (Jagoret, 2011). Construites progressivement dans le temps, les propriétés de ces cacaoyères et les pratiques des agriculteurs permettent ainsi des adaptations sur le long terme. En cas d'abandon, les cacaoyères sont ainsi plus facilement remises en état que les parcelles en monoculture, et leur niveau de rendement précédant la phase de semi-abandon gestion est plus rapidement retrouvé.

Un autre apport des travaux conduits en agronomie sur les systèmes agroforestiers cacaoyers dans le cadre du DP Agroforesterie Cameroun est de montrer l'intérêt des pratiques agroforestières pour la mise en place de cacaoyères en zones sub-optimales pour la cacaoculture. Outre l'intérêt d'avoir mis en évidence l'existence d'une dynamique cacaoyère ancienne en zone de transition forêt-savane, et d'en avoir identifier i) les déterminants historiques (Jagoret et al. 2013) et ii) les deux stratégies adoptées par les agriculteurs pour transformer une savane en cacaoyère performante (semis de palmier à huile ou mise en place de cultures annuelles) (Jagoret et al. 2012), ces travaux ont montré que les pratiques agroforestières permettent d'une part, d'installer une cacaoyère sur savane après avoir contrôlé *Imperata cylindrica*, et d'autre part, de contourner les différentes contraintes auxquelles les agriculteurs se heurtent : inégale répartition des pluies, médiocre qualité des sols. Dans un contexte de nécessité de conservation de la forêt tropicale, la possibilité de cultiver le cacaoyer dans des zones jusqu'alors considérées comme marginales, en particulier les savanes périmforestières, offre de nouvelles perspectives pour le développement de la cacaoculture, laquelle doit s'adapter, comme les autres productions agricoles, au réchauffement climatique observé ces dernières années.

57. Mise en place et évaluation de systèmes de culture sur savane et jachère, visant à maximiser les services de production.

En vue de limiter l'impact de la cacaoculture sur la déforestation tout en essayant de maximiser les revenus des agriculteurs, trois systèmes de culture ont été testés chez les planteurs sur plusieurs sites de la région centre (Ngat, Bokito, Ombessa, Lékié Assy, Ngoumou et Elat) : un basé sur l'association entre cacaoyers et trois espèces d'arbres fruitiers (citrus, safoutiers et avocatiers), l'autre basé sur l'association entre cacaoyers et palmiers à huile, et le troisième basé sur l'association entre cacaoyers et cocotiers (Bourgoing et Todem 2010).

Ces systèmes ont consisté en la mise en place des cacaoyers et des fruitiers (ou palmiers/cocotiers) en plein soleil, combinée à la mise en place d'un ombrage provisoire (plantain et maïs), et l'association avec d'autres cultures annuelles (autres que tubercules) pendant les deux premières années. La troisième année, les cultures annuelles ont été remplacées par une plante de couverture (*Brachiaria brizantha*), pour limiter les travaux de nettoyage.

Ces systèmes sont caractérisés par des densités de :

- 970 cacaoyers, 80 citrus, 40 avocatiers et 40 safoutiers à l'hectare
- 700 cacaoyers, et 130 palmiers à l'hectare
- 700 cacaoyers, et 130 cocotiers à l'hectare

Environ 120 parcelles ont été mises en place entre 2006 et 2015, et 75 d'entre elles sont en cours d'observation depuis 2011 (productivité des cacaoyers et autres espèces pérennes associées, vigueur des cacaoyers, sensibilité des cacaoyers aux mirides, relevé des dépenses et revenus des planteurs).

Les premières analyses des résultats obtenus sur les parcelles mises en place en 2006 et 2007 montrent des niveaux de production et de survie des cacaoyers très variables d'un site à l'autre, mais également d'une parcelle à l'autre dans un même site. Les différences entre ces parcelles résultent de conditions environnementales (qualité des sols, prévalence du die-back, causant la mort des arbres) et du niveau de gestion des parcelles (fréquence des nettoyages et des traitements insecticides) adopté par les planteurs. Les premières analyses montrent que les fruitiers sont peu commercialisés par les planteurs, par manque de marché pour les vendre ou parfois par manque d'intérêt. Les cocotiers s'établissent difficilement (mort des jeunes à cause des attaques de hérissons), et le manque d'entretien des cocotiers adultes par les planteurs résulte en un faible niveau de production, et leur remplacement par des palmiers à huile. Des arbres à PFNL (njangsang (*Rhcinodendro heudelotii*), manguier sauvage (*Irvingia gabonensis* et womboulou), bitter kola (*Garcinia kola*) ont récemment été introduits dans ces parcelles en remplacement d'arbres fruitiers morts.

En revanche, les premiers résultats montrent une bonne valorisation des palmiers à huile, plusieurs planteurs ayant acquis une presse, malgré un niveau de productivité assez bas (environ 1,3 tonne d'huile à l'hectare), explicable par l'absence générale d'engrais, jugé trop coûteux par les planteurs.

Si les avantages liés à l'utilisation d'une plante de couverture sont admis par les planteurs, en revanche le choix de *Brachiaria* est généralement assez peu apprécié des planteurs, qui reprochent à cette espèce d'être envahissante et de propager le feu. Une autre espèce (*Cajanus cajan*) a été récemment proposée aux planteurs et certains d'entre eux ont commencé à l'utiliser.

6. Thème 5 : Améliorer les liens entre la gestion durable des systèmes agroforestiers et l'accroissement des revenus des agriculteurs à travers leur intégration dans les marchés nationaux et internationaux des PSE

Les études envisagées dans cette thématique portaient sur l'analyse des filières des produits issus des SAF et aussi sur les conditions requises pour le développement et la mise en œuvre de schémas de certification et de mécanismes de paiements pour services environnementaux (PSE). Peu d'analyses ont réellement été effectuées au cours de la période considérée.

7. Conclusion

Des études socio-économiques ont mis en évidence la transition capitalistique des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers au Cameroun. En effet depuis quelques dizaines d'années les investissements d'origine urbaine favorisent l'extension de la cacaoculture sur les fronts pionniers forestiers. L'analyse de la composition et de la structure de ces systèmes indique une simplification de leur couvert arboré par rapport aux systèmes mis en place et entretenus par les agriculteurs traditionnels.

Les études agronomiques apportent un nouvel éclairage d'une part, sur le fonctionnement des systèmes agroforestiers cacaoyers sur le long terme, et d'autre part, sur celui des peuplements cacaoyers dans des systèmes complexes. Les savoirs et pratiques des agriculteurs en matière d'installation et de gestion des cacaoyères après forêt ou après savane ont été documentés. Les travaux ont aussi montré qu'il est possible de cultiver le cacaoyer dans des systèmes agroforestiers complexes tout en obtenant des niveaux de rendements supérieurs à ce qui est communément admis et ce, bien après 30-40 ans, seuil au-delà duquel on considère généralement qu'une cacaoyère conventionnelle doit être totalement réhabilitée ou abandonnée. Les modes de gestion du peuplement cacaoyer sur le long terme ainsi que les facteurs qui contribuent au soutien de sa production ont été élucidés en partie.

Il a été montré que la durabilité des systèmes cacaoyers au Cameroun reposait à la fois sur la multifonctionnalité du couvert arboré associé, en particulier en terme de productions multiples et sur la permanence de ce couvert au bénéfice du cacaoyer. En effet dans un contexte de faible utilisation d'intrants de ces systèmes, le contrôle des mauvaises herbes, la régulation du microclimat et le recyclage continu des nutriments par les arbres (résultats à venir sur ce dernier aspect) contribuent à soutenir une production acceptable et durable de cacao.

Ont été montrés également, le rôle essentiel joué par les gros arbres, ainsi que les niveaux élevés de stockage de carbone dans les SAF cacaoyers, l'importance d'une densité minimale d'arbres pour assurer une diversité suffisante permettant aux SAF cacaoyers de jouer un rôle de conservation des espèces forestières.

Concernant l'impact de l'ombrage sur les populations de bioagresseurs, les études ont mis en évidence l'intérêt d'une distribution régulière des arbres d'ombrage par rapport à une distribution agrégée plus favorable au développement des bioagresseurs, en particulier les mirides. On peut citer également l'identification des zones géographiques susceptibles au développement des mirides, l'identification des schémas de dispersion de la pourriture brune et leur modélisation (en cours), les facteurs de présence dans le sol des mycoparasites de la pourriture brune, l'identification ou l'amélioration de techniques de contrôle biologique des mirides ou de la pourriture brune.

Ont été mis en place en milieu paysan depuis 2006 des systèmes simplifiés à base de cacaoyers visant à maximiser les services de production. Le suivi sur le long terme de ces systèmes permettra d'évaluer les dynamiques de gestion paysanne, leurs performances, et d'appréhender leur durabilité.

8. Références bibliographiques

- Ali, S.S., Amoako-Attah, I., Bailey, R.A., Strem, M.D., Schmidt, M., Akrofi, A.Y., Surujdeo-Maharaj, S., Dias, C.V., Goss, E., Begoude, B.A.D., ten Hoopen, G.M., Marelli, J.-P., Phillips-Mora, W., Meinhardt, L. & Bailey B.A. (2016). PCR-based identification of cacao black pod causal agents and identification of biological factors possibly contributing to *Phytophthora megakarya*'s field dominance in West Africa. *Plant Pathology* Doi: 10.1111/ppa.12496.
- Ali, S.S., Shao, J., Lary, D.J., Kronmiller, B., Shen, D., Strem, M.D., Amoako-Attah, I., Akrofi, A.Y., Begoude, B.A.D., ten Hoopen, G.M., Coulibaly, K., Kebe, B.I., Melnick, R.L., Guiltinan, M.J., Tyler, B.M., Meinhardt, L.W., & Bailey, B.A. *Phytophthora megakarya* and *P. palmivora*, closely related causal agents of cacao black pod rot, underwent increases in genome sizes and gene numbers by different mechanisms. *Genome Biology and Evolution* (Submitted)
- Ambang Z, Dooh JN, Essono G, Bekolo N, Chewachong G, Asseng C, 2010. Effect of thevetia peruviana seeds extract on in vitro growth of four strains of *Phytophthora megakarya*. *Plant Omics*, 3 (3), 70-76
- Babin, R., ten Hoopen, G.M., Cilas, C., Enjalric, F., Yede, Gendre, P., Lumaret, J.P. (2010). Impact of shade on the spatial distribution of *Sahlbergella singularis* Hagl. (Hemiptera: Miridae) in traditional cocoa agroforests. *Agricultural and Forest Entomology*, 12: 69-79.
- Babin, R., Ten Hoopen, G.M., Cilas, C., Enjalric, F., Yédé, Gendre, P., Lumaret, J.P., 2010. Impact of shade on the spatial distribution of *Sahlbergella singularis* in traditional cocoa agroforests. *Agricultural and Forest Entomology*, 69-79.
- Babin, R., Anikwe, J.C., Dibog, L., Lumaret, J.P. (2011). Effects of cocoa tree phenology and canopy microclimate on the performance of the mirid bug *sahlbergella singularis*. *Entomologia Experimentalis Applicata*, 141, 25-34.
- Bagny Beilhe, L., Piou, C., Tadu, Z., Babin, R. Identifying dominant ants affecting cocoa mirid spatial distribution as candidates for conservation biological control. *Journal of Pest Science* (soumis)
- Bidzanga N., Fotsing B., Agoume V., Birang A.M., Onguene A.N., Zapack L., 2009. Mycotrophie et connaissances paysannes des essences fertilisantes dans les agroforêts à base de cacaoyers du Sud Cameroun. *Cameroon J Exp Biol* 5 : 79-86.
- Bihina M.A., 2014. Systèmes agroforestiers à base de cacaoyers : Dynamiques et Stratégies des Acteurs dans l'Arrondissement de MINTOM (Région Sud du Cameroun). Mémoire de fin d'étude, diplôme Master Sciences Forestières, option Agroforesterie, Université de Yaoundé I, Département biologie et physiologie végétale.
- Blanchet A., 2014. Systèmes agroforestiers complexes à base de cacaoyers : Stratégies des acteurs et types de cacaoyères en zone de front pionnier forestier au sud-est du Cameroun. Mémoire de fin d'étude, diplôme ingénieur SAADS, option DARS, spécialité RESAD, Institut des régions chaudes Montpellier SupAgro.
- Bourgoing R., Todem H. 2010. Association du cacaoyer avec le palmier ou le cocotier. Systèmes expérimentaux en cacaoculture. Guide technique, Montpellier : CIRAD, 2010. 110 p.
- Bourgoing R., Todem H. 2010. Association du cacaoyer avec les fruitiers. Systèmes innovants en cacaoculture. Guide technique, Montpellier : CIRAD, 2010. 82 p.
- Bourgoing R., Todem H. 2013. Régénération des vieilles cacaoyères par recépage-greffage et redensification des cacaoyers et fruitiers associés. Systèmes innovants en cacaoculture. Guide technique, Montpellier : CIRAD, 2013. 109 p.
- Coll., 2009. Conservation biological control and the management of biological control services: are they the same? *Phytoparasitica*, 37: 205-208.
- Elomo, A.B.E. (2015). Impact des attaques des mirides (*Sahlbergella singularis*) sur la production du cacaoyer dans la région du Centre-Cameroun. Ingénieur des travaux, FASA, Université de

- Dschang, Dschang, Cameroun, pp 86. Encadrants : Dr L Bagny Beilhe (Cirad, UR 106), Pr Ghogomu Tamouh Richard (Université de Dschang)
- Gidoïn, C., Babin, R., Bagny Beilhe, L., Cilas, C., ten Hoopen, G.M., Ngo Bieng, M.A. (2014). Tree spatial structure, host composition and resource availability influence mirid density or black pod prevalence in cacao agroforests in Cameroon. *PLoS One*, 9 (10): e109405 (12 p.).
- Jagoret P. 2011. Analyse et évaluation de systèmes agroforestiers complexes sur le long terme : application aux systèmes de culture à base de cacaoyer au Centre Cameroun. Montpellier : Montpellier SupAgro, 235 p. Thèse de doctorat : Agronomie. Fonctionnement des écosystèmes naturels et cultivés.
- Jagoret P., Michel-Dounias I., Malézieux E. 2011. Long-term dynamics of cocoa agroforests: A case study in central Cameroon. *Agroforestry Systems*, 81 (3): 267-278.
- Jagoret P., Michel-Dounias I., Snoeck D., Todem Ngnogue H., Malezieux E., 2012. Afforestation of savannah with cocoa agroforestry systems: a small-farmer innovation in central Cameroon. *Agroforestry Systems*, 86: 493-504.
- Jagoret P., Enjalric F., Malézieux E. 2013. Diversification agroforestière pour l'installation de cacaoyères en savane au Centre Cameroun. In : Cultures pérennes tropicales. Enjeux économiques et écologiques de la diversification. Ruf F., Gotz S. éd. Versailles, Quae, 209-221.
- Jagoret P., Deheuvels O., Bastide P. 2014. Production durable de cacao : s'inspirer de l'agroforesterie. Montpellier : CIRAD, 4 p. (Perspective : Cirad, 27)
- Jagoret, P., Kwessey, J., Messie, C., Michel-Dounias, I., & Malézieux, E. 2014. Farmers' assessment of the use value of agrobiodiversity in complex cocoa agroforestry systems in central Cameroon. *Agroforestry Systems*, 88(6), 983-1000.
- Jagoret, P., Snoeck, D., Bouambi, E., Todem Ngnogue, H., Nyassé, S., Saj, S. 2017. Key management practices keeping cacao agroforestry systems effective on the very long-term: evidences brought by long-lived plantations of Central Cameroon. *Agroforestry Systems* (on line).
- Jagoret P., Michel I., Todem Ngnogué H., Lachenaud P., Snoeck D., Malézieux E. How to assess yields in complex agroforestry systems ? A new approach of Regional Agronomic Diagnosis (RAD). *Agronomy for sustainable development*, soumis
- Kenfack, P. (2014). Caractérisation de la communauté d'insectes terricoles dans différents types de SAF à base de cacaoyers dans une zone de transition forêt savane, Master 2, Université de Yaoundé1, Yaoundé, Cameroun, pp 54. Encadrants : Dr L Bagny Beilhe (Cirad, UR 106), Dr C. Djiéto (Université de Yaoundé 1).
- Mahob, R.J., Babin, R., ten Hoopen, G.M., Dibog, L., Yede, Hall, D.R., Bilong Bilong C.F. (2011). Field evaluation of synthetic sex pheromone traps for the cocoa mirid *Sahlbergella singularis* (Hemiptera: Miridae). *Pest Management Science* 67: 672-676.
- Mahob, R.J., Ndoumbé-Nkeng, M., ten Hoopen, G.M., Dibog, L., Nyassé, S., Rutherford, M., Mbenoun, M., Babin, R., Amang-a-Mbang, J., Yede & Bilong Bilong, C.F. (2014). Pesticides use in cocoa sector in Cameroon: characterization of supply source, nature of active ingredients, fashion and reasons for their utilization. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 8, 1976-1989.
- Mahob, R.J., Baleba, L. Yede, Dibog, L., Cilas, C., Bilong, C.F.B., Babin, R. (2015). Spatial distribution of *Sahlbergella singularis* Hagl. (Hemiptera: Miridae) populations and their damage in unshaded young cacao-based agroforestry systems. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences* 5: 121-131.
- Mahot, H.C., Hanna, R., Membang, G., Begoude, D., Bilong, C-F.B., Bagny Beilhe, L. Development of biopesticide for cocoa mirid control. Regional Cocoa Symposium-Next Generation of Cocoa Research, 8-10 November 2016. Ibadan, Nigeria.
- Manga Essouma F., 2013. Systèmes agroforestiers à base de cacaoyers : Dynamiques et stratégies des acteurs à Akongo (région du Centre-Cameroun). Mémoire de fin d'étude, diplôme Master Sciences Forestières, option Agroforesterie, Université de Yaoundé I Département biologie et physiologie végétale.

- Mbarga, J.B. Begoude, B.A.D., Ambang, Z., Meboma, M., Kuate, J., Schiffers, B., Ewbank, W., Dedieu, L., & ten Hoopen, M. (2014). A new oil-based formulation of *Trichoderma asperellum* for the biological control of cacao black pod disease caused by *Phytophthora megakarya*. *Biological Control* 77, 15-22.
- Mbarga, J.B., ten Hoopen, G.M., Kuate, J., Adiobo, A., Ngonkeu, M.E.L., Ambang, Z., Akoa, A., Tondje, P.R., & Begoude B.A.D. (2012). *Trichoderma asperellum*: a potential biocontrol agent for *Pythium myriotylum*, causal agent of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) root rot disease. *Crop Protection* 36, 18-22.
- Mboussi, S., Ambang, Z., Kakam, S., Bagny Beilhe, L. Use of aqueous extracts of *Thevetia peruviana* and *Azadirachta indica* in the management of cocoa mirid bugs *Sahlbergella singularis*. *Crop Protection* (soumis)
- Mfegue V.C., 2012. Origine et mécanismes de dispersion des populations de *Phytophthora megakarya*, pathogène du cacaoyer au Cameroun Université SupAgro, Montpellier, France, pp. 184
- Mfegue, C.V., Herail, C., Adreit, H., Mbenoun, M., Techou, Z., ten Hoopen, M., Tharreau, D., & Ducamp, M. (2012). Microsatellite markers for population studies of *Phytophthora megakarya* (Pythiaceae), a cacao pathogen in Africa. *American Journal of Botany* 99, e353-e356.
- Mfegue, C.V. Ducamp, M., Herail, C., Adreit, H., ten Hoopen, M., Nyassé, S. Neema, C. & Tharreau D. Origin and migrations of *Phytophthora megakarya*, a native and invasive cocoa pathogen in Central and West Africa. (To be resubmitted).
- Moisy C., 2013. Systèmes agroforestiers complexes à base de cacaoyers : Evolutions et stratégies des acteurs à Obala au Centre du Cameroun. Mémoire de fin d'étude, diplôme ingénieur SAADS, option DARS, spécialité RESAD, Institut des régions chaudes Montpellier SupAgro. 113p.
- Ndougue, M., Petchayo, S., Techou, Z., Nana W.G., Nembot, C., Fontem, D., & ten Hoopen G.M. The impact of soil treatments on black pod rot (caused by *Phytophthora megakarya*) of cacao in Cameroon (In prep).
- Ngono F., 2013. Systèmes agroforestiers cacaoyers : Evolutions et stratégies des acteurs dans le village de Talba. Mémoire de fin d'étude, diplôme Master Sciences Forestières, option Agroforesterie, Université de Yaoundé I Département biologie et physiologie végétale.
- Nijmeijer, A., Bouambi, E., Harmand, J.-M., Saj, S., 2016. Carbon content in cacao AFS: afforestation of savannah as a carbon storage opportunity in central Cameroon. International EcoSummit Congress, EcoSummit 2016 - Ecological Sustainability: Engineering Change. INRA, Montpellier, France, p. 1 Poster
- Nijmeijer, A., Harmand J.M., Bouambi, E., Lauri P.E., Saj S., 2016. Carbon dynamics in cacao agroforestry plantations setup after forest or savannah: a chronosequence analysis in a forest-savannah transition zone in Cameroon. Regional Symposium: Next Generation of Cocoa Research for West and Central Africa. 8-10 November 2016. World Cocoa Foundation, IITA, Ibadan, Nigeria. Poster
- Nso Ngang A, Kaldjob Mbeh C, Pedelamore P, Kandem C, 2015. Contrats de travail agricole et performance des systèmes agroforestiers à base de cacao dans la zone du Mbam et Kim (Centre Cameroun), Rapport AFS4Food, 27p.
- Pedelamore, P., Tchatchoua, R., Tonka, M., Ntsama, M., Andrieu, N., 2011. Resituer l'adoption des propositions techniques de la recherche dans les stratégies d'adaptation des exploitants agricoles familiaux. *Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux* 64, 33-41.
- Pedelamore, P., Dulcire, M., Havard, M., Onguene, N.A., 2013. Conditions, performances et limites des démarches participatives pour la recherche agricole camerounaise. *Nouvelles Pratiques Sociales* 25, 141-158.

- Pedelahore, P., 2012. Stratégies d'accumulation des exploitants agricoles : l'exemple des cacaoculteurs du Centre Cameroun de 1910 à 2010. Thèse de doctorat. Géographie-aménagement : Etudes rurales, Université de Toulouse-Le Mirail, 442 p.
- Pedelahore, P., 2014a. Systèmes agroforestiers à cacaoyers et transition capitaliste : l'exemple du Centre-Cameroun. *Bois et Forêts des Tropiques*, 55-66.
- Pedelahore, P., 2014b. Farmers' accumulation strategies and agroforestry systems intensification: the example of cocoa in the central region of Cameroon over the 1910-2010 period. *Agroforestry Systems* 88: 1157-1166.
- Saj S., Durot C., Mvondo Sakouma K., Tayo Gamo, K.Y., Avana-Tientcheu ML. Contribution of associated trees to long-term tree conservation, carbon storage and agroforests' sustainability: a functional analysis of the diversity in cocoa plantations. *International Journal of Agricultural Sustainability*. (accepté)
- Saj, S., & Jagoret, P. 2015. Matching uses and functional traits of companion trees in cocoa agroforests: a win-win scheme toward resilient systems. Paper presented at the Climate Smart Agriculture 3rd international conference, 16-18 March 2015, Montpellier, France.
- Saj, S., Jagoret, P., Essola Etoa, L., Fonkeng, E., Tarla, J., Essobo Nieboukaho, JD. Lessons learned from long term analysis of cocoa yield and stand structure in agroforestry systems of Central Cameroon. submitted, Jan. 2017
- Saj, S., Jagoret, P., Mvondo Sakouma, K., Essobo Nieboukaho, JD., Bouambi, E., Todem-Ngogue, H. Compromis entre séquestration de carbone, conservation et productivité dans les SAF à base de cacaoyers au Centre Cameroun. In : *Les services écosystémiques fournis par les systèmes agroforestiers tropicaux* (eds. J. Seghieri & JM Harmand). Editions Quae. (en rédaction)
- Saj, S., Jagoret, P., Mvondo Sakouma, K., 2016. Effect of simplification/complexification on functional features of associated trees community in cocoa based agroforestry systems. In: Plinio Sist, S.C.P.P.-M.F. (Ed.), *Annual Meeting of the Association for Tropical Biology and Conservation (ATBC 2016)*. ATBC, Montpellier, France, p. 374. Oral Communication
- Saj, S., Jagoret, P., Todem Ngogue, H., 2013. Carbon storage and density dynamics of associated trees in three contrasting *Theobroma cacao* agroforests of Central Cameroon. *Agroforestry Systems* 87, 1309-1320.
- Snoeck D., Abolo D. and Jagoret P., 2010. Temporal changes in VAM fungi in the cocoa agroforestry systems of central Cameroon. *Agroforest Syst.*, 78 : 323–328.
- Ratnadass, A., Fernandes, P., Avelino, J., Habib, R. (2012) Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32: 273–303 DOI 10.1007/s13593-011-0022-4
- Tadu, Z., Djiéto-Lordon, C., Babin, R., Yede, Messop-Youbi, E.B., Fomena, A. (2013). Influence of insecticide treatment on ant diversity in tropical agroforestry system: Some aspect of the recolonization process. *International Journal of Biodiversity and Conservation* 5: 832-844.
- Tadu, Z., Djiéto-Lordon, C., Yede, Messop Youbi, E.B., Fomena, A., Babin, R. (2014a). Ant diversity in different cocoa agroforest habitats in the Centre Region of Cameroon. *African Entomology* 22: 388-404. doi:10.4001/003.022.0219.
- Tadu, Z., Djiéto-Lordon, C., Yede, Youbi, E., Aléné, C., Fomena, A., Babin, R. (2014b). Ant mosaics in cocoa agroforestry systems of Southern Cameroon: influence of shade on the occurrence and spatial distribution of dominant ants. *Agroforestry Systems* 88: 1067-1079. doi:10.1007/s10457-014-9676-7.
- Tchoudjin, G. (2014). Caractérisation de la structuration spatiale de la communauté des fourmis arboricoles dans des SAF à base de cacaoyers dans une zone de transition forêt savane. Mémoire Master 2, Université de Yaoundé 1, Yaoundé, Cameroun, pp 58. Encadrants: Dr L Bagny Beilhe (Cirad, UR 106), Dr C Djiéto (Université de Yaoundé 1)

- Ten Hoopen, G.M. & Krauss U. (2016) Chapter 17. Biological Control of Cacao Diseases. In: Cacao diseases: a history of old enemies and new encounters Eds. Bryan Bailey and Lyndel Meinhardt. Springer International Publishing Switzerland, pp 511-566.
- Ten Hoopen, G.M., Deberdt, P., Mbenoun, M., & Cilas, C. (2012). Modelling cacao pod growth: implications for disease control. *Annals of Applied Biology* 160, 260-272.
- Yede, Babin, R., Djieto-Lordon, C., Cilas, C., Dibog, L., Mahob, R., Bilong Bilong, C.F. (2012). True bug (Heteroptera) impact on cocoa fruit mortality and productivity. *Journal of Economic Entomology* 105: 1285-1292.